



# ENERGIEWENDE IN HESSEN

MONITORINGBERICHT 2022





# **Energiewende in Hessen – Monitoringbericht 2022**



<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
<b>Zitat .....</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>13</b>
3.1 Primärenergieverbrauch.....	13
3.2 Endenergieverbrauch .....	15
3.3 Stromverbrauch und Stromerzeugung .....	19
3.4 Energieeffizienz.....	22
<b>4 Erneuerbare Energien.....</b>	<b>28</b>
4.1 Bedeutung für den Primärenergieverbrauch.....	30
4.2 Bedeutung für den Endenergieverbrauch .....	31
<b>5 Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch.....</b>	<b>39</b>
5.1 Endenergieverbrauch für Wärme.....	39
5.2 Gebäuderelevanter Energieverbrauch.....	40
5.3 Modernisierungsdynamik bei Gebäuden .....	43
5.4 Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor .....	48
<b>6 Anlagen der erneuerbaren und konventionellen Energieerzeugung.....</b>	<b>53</b>
6.1 Erneuerbare Energieanlagen zur Stromerzeugung .....	54
6.2 Konventionelle Energieanlagen zur Stromerzeugung .....	68
6.3 Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung.....	70
<b>7 Netzausbau und Versorgungssicherheit.....</b>	<b>75</b>
7.1 Bestand und Ausbau der Stromnetze .....	75
7.2 Digitalisierung der Netze.....	82
7.3 Investitionen in Stromnetze .....	83
7.4 Versorgungssicherheit der Stromnetze .....	83
7.5 Gasnetz und Versorgungssicherheit .....	87
7.6 Fernwärmenetze.....	90
<b>8 Verkehr und Elektromobilität.....</b>	<b>93</b>
8.1 Endenergieverbrauch im Verkehrssektor .....	93
8.2 Elektromobilität .....	99
<b>9 Entwicklung der Treibhausgasemissionen.....</b>	<b>105</b>
9.1 Treibhausgasemissionen nach Gasen .....	105
9.2 Treibhausgasemissionen nach Quellgruppen .....	106
9.3 Entwicklung der Treibhausgasintensität.....	107
9.4 Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Sektoren .....	108
9.5 Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch erneuerbare Energien .....	110

	Seite
<b>10 Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende .....</b>	<b>112</b>
10.1 Energiekosten und Energiepreise .....	112
10.2 Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz.....	119
10.3 Beschäftigung im Energiebereich.....	121
10.4 Forschung und Entwicklung .....	123
<b>11 Maßnahmen der Hessischen Landesregierung.....</b>	<b>128</b>
<b>12 Ausblick.....</b>	<b>144</b>
<b>Abbildungs- / Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>145</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>149</b>
<b>Übersicht über Energieeinheiten und Umrechnungsfaktoren .....</b>	<b>152</b>
<b>Glossar.....</b>	<b>153</b>
<b>Literatur- und Quellenverzeichnis.....</b>	<b>161</b>
<b>Impressum.....</b>	<b>170</b>



*„Der Ausbau der Erneuerbaren Energien ist in Hessen auf einem guten Weg. Ende 2021 waren bereits Anlagen mit einer Gesamtleistung von 5,3 GW am Netz. Der Schutz unseres Klimas und die Sicherheit unserer Versorgung verlangen, unsere fatale Abhängigkeit von fossilen Quellen so schnell wie möglich zu beenden.“*

A handwritten signature in black ink that reads "Tarek Al-Wazir". The signature is fluid and cursive.

Tarek Al-Wazir,  
Hessischer Minister für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

## Zusammenfassung

Der achte Monitoringbericht zur Energiewende in Hessen stellt wieder eine Vielzahl von Indikatoren zu den Themenbereichen Energieverbrauch und Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch, Netzausbau und Versorgungssicherheit, Verkehr und Elektromobilität, Treibhausgasemissionen sowie gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende dar. Der Berichtszeitraum umfasst bei Verfügbarkeit der entsprechenden Daten den Zeitraum von 2000 bis 2021 und zum Teil bis zum ersten Halbjahr 2022.

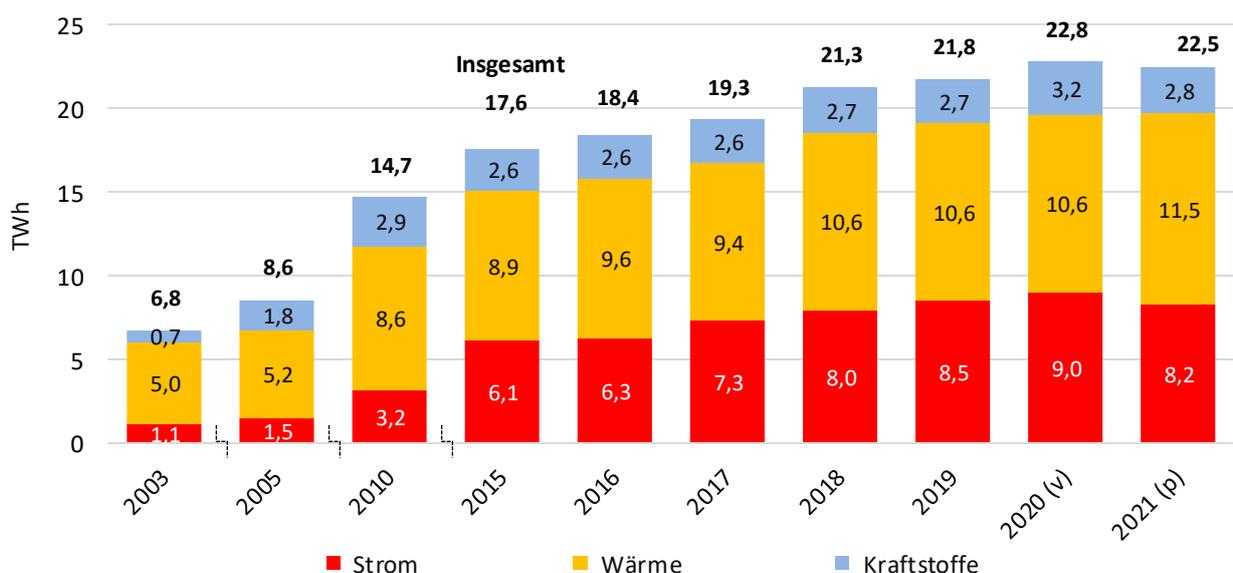
Die Corona-Pandemie hatte 2020 zu einem starken wirtschaftlichen Einbruch und zu erheblichen Umwälzungen des Energieverbrauchs geführt und auch im Jahr 2021 setzten sich diese Auswirkungen – abgeschwächt – weiter fort. So schätzt das Leipziger Institut für Energie (IE-Leipzig) für Hessen für das Jahr 2021 einen **Primärenergieverbrauch** (PEV) von 764,9 Petajoule (PJ). Das sind 28,0 PJ bzw. 3,8 Prozent mehr als im Vorjahr, aber deutlich weniger als im Vor-Corona-Jahr 2019 mit einem PEV von 873,0 PJ. Ähnlich sieht es beim **Endenergieverbrauch** (EEV) aus, der für 2021 auf 707,4 PJ geschätzt wird, 28,1 PJ bzw. 4,1 Prozent mehr als im Vorjahr, aber noch deutlich unter dem Niveau von 2019 mit 812,9 PJ. Differenziert nach **Verbrauchssektoren** hat der EEV im Verkehr am stärksten zugenommen

(+18,7 PJ bzw. +6,8 %), gefolgt von privaten Haushalten (+4,7 PJ bzw. +2,6 %) und den Sektoren Industrie (+3,3 PJ bzw. +3,2 %) sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (+3,2 PJ bzw. +2,6 %).

Aufgrund der massiven Auswirkungen der Corona-Pandemie fielen im Jahr 2020 der Anstieg der **Endenergieproduktivität** gegenüber dem Vorjahr mit 12,3 Prozent und der **Primärenergieproduktivität** mit 11,3 Prozent erwartungsgemäß deutlich höher aus als im langfristigen Mittel (+1,8 % bzw. +2,4 %). Aber auch im Jahr 2021 setzte sich die im langjährigen Vergleich überdurchschnittliche Entwicklung bei beiden Energieproduktivitäten weiter fort. So stieg die Endenergieproduktivität um 3,5 Prozent und die Primärenergieproduktivität um 3,8 Prozent.

Der **Beitrag der erneuerbaren Energien zum Endenergieverbrauch** lag in Hessen im Jahr 2021 bei 22,46 Terawattstunden (TWh) (siehe Abbildung 1). Dies sind 0,36 TWh bzw. 1,6 Prozent weniger als im Vorjahr. Dieser Rückgang ist zurückzuführen auf die Stromerzeugung (-0,78 TWh) und auf erneuerbare Kraftstoffe (-0,43 TWh). Der Beitrag der erneuerbaren Wärmeerzeugung fiel hingegen witterungsbedingt höher aus als im Vorjahr (+0,85 TWh).

**Abbildung 1: Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe 2003\*-2021 (in TWh)**



\* Die dargestellten Daten zu erneuerbaren Energien werden nach dem Energiestatistikgesetz vollständig erst ab dem Jahr 2003 erhoben. Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

Die **Bruttostromerzeugung** in Hessen beziffert sich im Jahr 2021 auf 16,7 TWh. Der Beitrag erneuerbarer Energien von 8,2 TWh entspricht dabei knapp der Hälfte (49 %). Im ersten Halbjahr 2022 betrug die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien 4,5 TWh und lag damit 15 Prozent über dem ersten Halbjahr 2021. Dies entspricht einem Anteil von 58 Prozent an der Bruttostromerzeugung. Für das gesamte Jahr 2022 wird ein Beitrag der erneuerbaren Energien von rund 9 TWh erwartet. Der **Bruttostromverbrauch** fiel im Jahr 2021 mit 36,6 TWh deutlich höher aus, wobei die Differenz durch Stromimporte in Höhe von 19,9 TWh ausgeglichen wurde.

Die **elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen** ist in Hessen im Jahr 2021 von 5,0 auf 5,3 GW angestiegen. Der Netto-Zubau lag bei 292 MW und damit etwas niedriger als im Vorjahr. Mit 238 MW sind gut 80 Prozent des Netto-Zubaus auf die gute Entwicklung im Bereich Photovoltaik zurückzuführen. Auch der Blick auf den Netto-Zubau von Photovoltaikanlagen im ersten Halbjahr 2022 in Höhe von 210 MW zeigt, dass sich der positive Trend im Jahr 2022 fortsetzt. Eine steigerungsfähige Entwicklung weist der Energieträger Windenergie auf. Im Jahr 2021 konnte in diesem Bereich lediglich ein Netto-Zubau von 58 MW und im ersten Halbjahr 2022 ein Zubau von 8 MW realisiert werden. Nach dem Jahr 2019 mit einem Netto-Zubau von nur 12 MW und dem wieder etwas höheren Wert von 87 MW im Jahr 2020 konnte die positive Entwicklung nicht fortgesetzt werden. Die im Jahr 2021 und im 1. Halbjahr 2022 im Vergleich zu den Vorjahren höher ausfallenden Genehmigungszahlen lassen allerdings zukünftig wieder steigende Inbetriebnahmen von Windenergieanlagen erwarten. Bei Wasserkraftanlagen gab es im Jahr 2021 keine Veränderungen im Anlagenbestand und bei der installierten Leistung. Im ersten Halbjahr 2022 sind Anlagenkapazitäten in Höhe von 0,3 MW hinzugekommen. Beim Energieträger Biomasse zeigt sich im Jahr 2021 erstmals ein negativer Netto-Zubau von -4 MW, d. h. es wurden mehr Anlagenkapazitäten stillgelegt als in Betrieb genommen. Im ersten Halbjahr 2022 ist knapp 1 MW hinzugekommen.

Mit einem **Endenergieverbrauch für Wärme** in Höhe von 296 PJ ist gegenüber dem Vorjahr eine Zunahme in Höhe von 7,3 PJ bzw. 2,5 Prozent feststellbar, was vor allem auf die deutlich kühlere Witterung zurückzuführen ist. Speziell auf den **gebäuderelevanten Endenergieverbrauch** entfielen im Jahr 2021 insgesamt 254 PJ, was gut einem Drittel des gesamten EEV entspricht. Der größte Teil des gebäuderelevanten EEV entfällt wiederum mit 195,2 PJ auf die Bereitstellung von Raumwärme.

Für den **Verkehrssektor** wird für das Jahr 2021 ein EEV in Höhe von 291,2 PJ geschätzt. Dies bedeutet einen leichten Anstieg um 18,7 PJ bzw. 6,8 Prozent gegenüber dem Vorjahr, das Niveau des Jahres 2019 wurde aber immer noch um 26 Prozent unterschritten. Insbesondere

durch die Belegung des Flugfrachtverkehrs hat sich der Treibstoffverbrauch im Luftverkehr um 20,4 PJ bzw. 21,7 Prozent erhöht. Mit einem Gesamtverbrauch von 114,6 PJ lag der Energieverbrauch des Luftverkehrs aber noch um 43 Prozent unter dem Vorkrisenniveau.

In Hessen waren zu Beginn des Jahres 2022 insgesamt gut 3,81 Mio. Pkw zugelassen. Dies sind 41.446 Pkw bzw. 1,1 Prozent mehr als ein Jahr zuvor. Dabei war der Bestand an Diesel-Pkw bereits das vierte Jahr in Folge rückläufig und lag um fast 29.000 Pkw (-2,5 %) unter dem Vorjahresniveau. Auch die Bestände an Benzinern und gasbetriebenen Fahrzeugen waren um rund 24.500 (-1,0 %) bzw. -787 (-2,6 %) rückläufig. Dieser Abnahme in Höhe von insgesamt gut 54.000 Pkw steht eine deutliche Zunahme der Pkw mit **Elektroantrieben** in Höhe von fast 96.000 Fahrzeugen gegenüber. Der Bestand rein strombetriebener Pkw stieg dabei um 31.197 (+128,4 %) auf 55.497 zum Jahresbeginn 2022. Aber auch die Zahl der Hybridantriebe mit Strom erhöhte sich deutlich um 64.460 (+71,9 %) auf 154.074 Pkw.

Für das Jahr 2021 liegen noch keine Zahlen zu den **Treibhausgasäquivalenten** in Hessen vor. Energiebedingt wurden im Jahr 2020 insgesamt 31,9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> emittiert, 2,5 Mio. Tonnen bzw. 7,4 Prozent weniger als im Vor-Corona-Jahr 2019. Gegenüber dem Referenzjahr 1990 errechnet sich trotz deutlich gestiegener Wirtschaftsleistung und gestiegenen Einwohnerzahlen aufgrund von Energieeinsparungen und effizienteren Produktionsverfahren ein Rückgang der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 10,8 Mio. Tonnen bzw. 25,2 Prozent. Durch den Einsatz erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie beim Kraftstoffverbrauch konnte der Ausstoß an Treibhausgasemissionen in Hessen nach ersten Schätzungen im Jahr 2021 um 9,2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente reduziert werden.

Der **Stromnetzausbau** ist ein wichtiger Baustein der Energiewende. Mit dem Vorhaben 76 des Bundesbedarfsplangesetzes (BBPlG), das den Leitungsbau einer 380-kV-Doppelleitung zwischen Kriftel und den Farwerken Höchst-Süd umfasst, befindet sich das erste Projekt der in Hessen bzw. in Teilabschnitten durch Hessen verlaufenden Netzausbauvorhaben im Bau. Bei den durch Hessen führenden großen Nord-Süd-Leitungen Ultranet und SuedLink ist es im Vergleich zum Vorjahresplanungsstand dagegen zu zeitlichen Verschiebungen gekommen. Die geplante Inbetriebnahme des Ultranet-Vorhabens wurde um weitere drei Jahre auf das Jahr 2027 verschoben, die Inbetriebnahme der beiden parallel geplanten SuedLink-Vorhaben um weitere zwei Jahre auf das Jahr 2028. Fortgeschritten ist der Bau von Vorhaben 6 nach Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG), welches von Wahle in Niedersachsen nach Mecklar in Nordhessen führt. Von dem durch Hessen verlaufenden Teilab-

schnitt sind bislang 45 Kilometer von insgesamt 66 Kilometern fertiggestellt, das sind 19 Kilometer mehr als im Vorjahr.

Die **Investitionen der Netzbetreiber in die deutschen Stromnetze** sind im Jahr 2020 mit einer Zunahme von 23,2 Prozent gegenüber dem Vorjahr deutlich gestiegen. Der Zuwachs geht hauptsächlich auf die Ausweitung der Investitionstätigkeit der Übertragungsnetzbetreiber zurück. Für das Jahr 2021 liegt der Planwert der Netzbetreiber bei nahezu 10,0 Mrd. Euro, was eine weitere Zunahme um fast 15 Prozent bedeutet.

Der Angriffskrieg Russlands in der Ukraine hat die starke Abhängigkeit Deutschlands von russischem Erdgas und die daraus folgenden hohen Risiken für die **Versorgungssicherheit mit Gas** deutlich gemacht. Für die Lagerung des Erdgases werden Untertage-Erdgasspeicher genutzt, die zum Ausgleich tages- und jahreszeitlicher Verbrauchsspitzen dienen. Das technisch nutzbare, installierte maximale Arbeitsgasvolumen der Erdgasspeicher in Deutschland lag zum 31. Dezember 2021 bei 23,3 Mrd. Kubikmeter. Die sechs Speicher an den hessischen Standorten Reckrod, Hähnlein und Stockstadt umfassen insgesamt ein Volumen von 325 Mio. Kubikmeter. Der für die Versorgungssicherheit entscheidende Füllstand der Erdgasspeicher konnte seit März 2022 – ausgehend von einem im Vergleich zu den Vorjahren sehr niedrigen mittleren Stand der Speicher in Deutschland – sukzessive erhöht werden.

Die **Preisentwicklung** ist für einzelne Energieträger im Jahr 2021 sehr unterschiedlich verlaufen. Die allgemeinen Lebenshaltungskosten der privaten Haushalte haben sich im Jahr 2021 gegenüber dem Vorjahr deutlich um 3,1 Prozent erhöht, was der höchste Anstieg im gesamten Betrachtungszeitraum seit dem Jahr 2000 ist. Ursächlich hierfür ist vor allem die Verteuerung von Mineralölprodukten. So stiegen die Preise von leichtem Heizöl um 42 Prozent, von Dieselmotoren um 24 Prozent und von Superbenzin um 21 Prozent gegenüber dem Vorjahr an. Demgegenüber fiel der Preisanstieg für Erdgas mit 4,7 Prozent sehr viel geringer aus, die Verteuerungen von Strom (+1,3 %) und Fernwärme (+1,1 %) blieben sogar hinter dem Anstieg der allgemeinen Lebenshaltungskosten zurück.

Nach der aktuellen BDEW-Strompreisanalyse (Stand: April 2022) ist für private Haushalte im Jahr 2022 mit einem deutlichen Anstieg des **Strompreises** in Höhe von etwa 5 Cent je kWh (+15,5 %) zu rechnen; dieser dürfte im Jahr 2022 bei voraussichtlich 37,14 Cent je kWh liegen. Damit zahlt ein Durchschnittshaushalt mit einem Jahresverbrauch von 3.900 kWh im Jahr 2022 insgesamt rund 1.448 Euro für Strom. Das ist mit rund 194 Euro spürbar mehr als im Vorjahr.

In Hessen haben besonders **stromintensiv produzierende Unternehmen** im Jahr 2021 für insgesamt 129 Abnahmestellen eine Begrenzung der EEG-Umlage mit einer privilegierten Strommenge von insgesamt 9,6 TWh beantragt.

**Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien** wurden im Jahr 2021 in Hessen in Höhe von insgesamt 695,9 Mio. Euro getätigt. Dies ist nach dem deutlichen Einbruch im Jahr 2019 bereits das zweite Mal in Folge wieder eine Zunahme. Dabei stieg die Gesamtinvestitionssumme um 133,2 Mrd. Euro bzw. um 23,7 Prozent gegenüber dem Vorjahr 2020. Ursächlich hierfür ist vor allem ein Anstieg der Investitionen in Anlagen zur Wärmeerzeugung, die um 126,1 Mio. Euro bzw. 58,7 Prozent zugenommen haben. Der Zuwachs bei Anlagen zur Stromerzeugung beziffert sich demgegenüber nur auf 7,1 Mio. Euro bzw. 2,0 Prozent.

Im Jahr 2021 waren in Hessen 13.558 Menschen in Energieversorgungsunternehmen tätig. Dies sind 292 Personen bzw. 2,2 Prozent mehr als im Jahr zuvor. Damit wurde der Höchststand im betrachteten Zeitraum von 2000 bis 2021 erreicht. Insgesamt verlief die **Beschäftigungsentwicklung** in den letzten Jahren stabil.

Im Jahr 2020 hat das Land Hessen im Bereich der nicht-nuklearen **Energieforschung** Mittel in Höhe von insgesamt 16,2 Mio. Euro aufgebracht, was eine deutliche Steigerung von 2,2 Mio. Euro bzw. 14 Prozent gegenüber dem Vorjahr bedeutet. Ein Schwerpunkt der Forschungsförderung in Hessen lag auf dem Forschungsthema Energieeffizienz in Gebäuden und Quartieren. Hierfür wurden Fördermittel in Höhe von 4,2 Mio. Euro eingesetzt.

# 1 Einleitung

Der russische Angriffskrieg gegen die Ukraine hat die starke Abhängigkeit der Energieversorgung Europas und insbesondere Deutschlands von fossilen Brennstoffen aus Russland offenbart. Seit Kriegsbeginn ist ein weiterer deutlicher Anstieg der bereits im Jahr 2021 stark gestiegenen Preise für Mineralöl und Gas festzustellen und es wurden kurzfristig verschiedene staatliche Maßnahmen zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit auf den Weg gebracht. Perspektivisch zeigt sich immer mehr, dass ein beschleunigter Ausbau der erneuerbaren Energien nicht nur zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen und zur Erfüllung des im Jahr 2016 verabschiedeten Pariser Klimaschutzabkommens notwendig ist, sondern auch die Grundvoraussetzung für eine sichere und bezahlbare Energieversorgung ist. Der Umstieg auf erneuerbare Energieträger wird auch von den Verbrauchern zunehmend forciert, wie sich aktuell z. B. am starken Nachfrageanstieg bei Photovoltaikanlagen zeigt.

Im vorliegenden achten Monitoringbericht zur Energiewende in Hessen wird auf Basis von Daten und Fakten der aktuelle Stand der Umsetzung der Energiewende in Hessen aufgezeigt. In bewährter Weise werden die Entwicklungen in allen bedeutenden Handlungsfeldern – Energieverbrauch, Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch, Energieerzeugung, Netzausbau, Verkehr und Elektromobilität, Treibhausgasemissionen und gesamtwirtschaftliche Effekte – dargestellt.

Der Bericht ist wie folgt gegliedert:

In Kapitel 2 werden die Ziele der hessischen Energiewende aufgezeigt und eine Einordnung des Energiemonitorings in die hessische Energiepolitik vorgenommen. Zudem werden die Indikatoren des Monitorings und die Datengrundlagen dargelegt.

Die Entwicklung des hessischen Energieverbrauchs, differenziert nach Energieträgern und Sektoren sowie Stromerzeugung und Stromverbrauchs, werden in Kapitel 3 gezeigt. Zudem werden die längerfristigen Entwicklungen verschiedener Indikatoren zu Energieeffizienz und Energieintensität betrachtet.

In Kapitel 4 wird zunächst gezeigt, welchen Beitrag erneuerbare Energien zum Primärenergieverbrauch, zum Endenergieverbrauch und zum Bruttostromverbrauch in Hessen leisten. Dann wird – differenziert nach erneuerbaren Energieträgern – deren Bedeutung für die Energieversorgung in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr dargestellt.

Kapitel 5 widmet sich dem Energieverbrauch zur Erzeugung von Wärme. Dabei steht der Verbrauch für die Nutzung von Gebäuden im Fokus, da sich hier große Potenziale für Energieeinsparungen realisieren lassen. Hierzu werden Daten zur Heizungsstruktur im Gebäudebestand und in neu errichteten Wohnhäusern ausgewertet. Des Weiteren wird die Modernisierungsdynamik auf Basis der Statistiken zur Neubau- und Sanierungsförderung der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt von der KfW und dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle aufgezeigt.

In Kapitel 6 werden die Energieerzeugungsanlagen in Hessen in den Fokus gerückt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den erneuerbaren Energieanlagen. Insbesondere wird aufgezeigt, wie sich der Ausbau der erneuerbaren Energieanlagen voranschreitet und wie die regionale Verteilung der installierten Leistung und der eingespeisten Strommenge gestaltet. Eine interaktive Darstellung dieser Ergebnisse findet sich auf der Website:

<https://wirtschaft.hessen.de/energie/daten-fakten/>.

Anschließend werden in einer kurzen Übersicht die hessischen konventionellen Kraftwerke betrachtet, die mittels fossiler Energieträger oder Abfall Strom erzeugen. Ebenfalls wird das Thema Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mit einer Darstellung der hessischen KWK-Anlagen und deren elektrischer und thermischer Leistung beleuchtet.

Kapitel 7 widmet sich dem Stromnetzausbau sowie der Versorgungssicherheit der Stromnetze. Zudem werden die Investitionen der Netzbetreiber in die Stromnetze aufgezeigt. Ein besonderer Blick wird auf die Versorgungssicherheit mit Gas gelegt. Die Entwicklung des Fernwärmenetzes rundet das Kapitel ab.

Kapitel 8 zeigt die Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Energieeffizienz im Verkehrssektor. Von besonderem Interesse ist dabei erstens, in welchem Ausmaß sich die teils dramatischen Auswirkungen der Corona-Pandemie im Jahr 2021 wieder normalisieren konnten. Zweitens liegt das Augenmerk auf den aktuellen Entwicklungen in der Elektromobilität, die, gefördert durch einen Umweltbonus, unverändert eine hohe Dynamik aufweist.

Kapitel 9 stellt die bisherige Entwicklung der Treibhausgasemissionen differenziert nach Gasen und Quellgruppen dar. Neu aufgenommen wurden Berechnungen, in welchem Maße der Ausstoß von Treibhausgasen durch den Einsatz erneuerbarer Energien vermieden werden kann.

Kapitel 10 hat die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Energiewende zum Gegenstand. Dargestellt werden u. a. die Auswirkungen auf Energiekosten und Energiepreise, die Auszahlungen aus EEG-Vergütungen, Marktprämien und Flexibilitätsprämien, die Investitionen in erneuerbare Energien, die Beschäftigung im Energiesektor und die Förderung der Forschung im Energiebereich.

Kapitel 11 enthält eine Übersicht über die Maßnahmen der Hessischen Landesregierung im Rahmen der Umsetzung der Energiewende.

Kapitel 12 gibt einen kurzen Ausblick auf mögliche Veränderungen in den Datengrundlagen für das hessische Energiemonitoring.

Einige Praxisbeispiele hessischer Projekte dienen der Veranschaulichung des Berichts. Die Beispiele sind den jeweiligen Kapiteln thematisch zugeordnet und am blauen Hintergrund erkennbar.

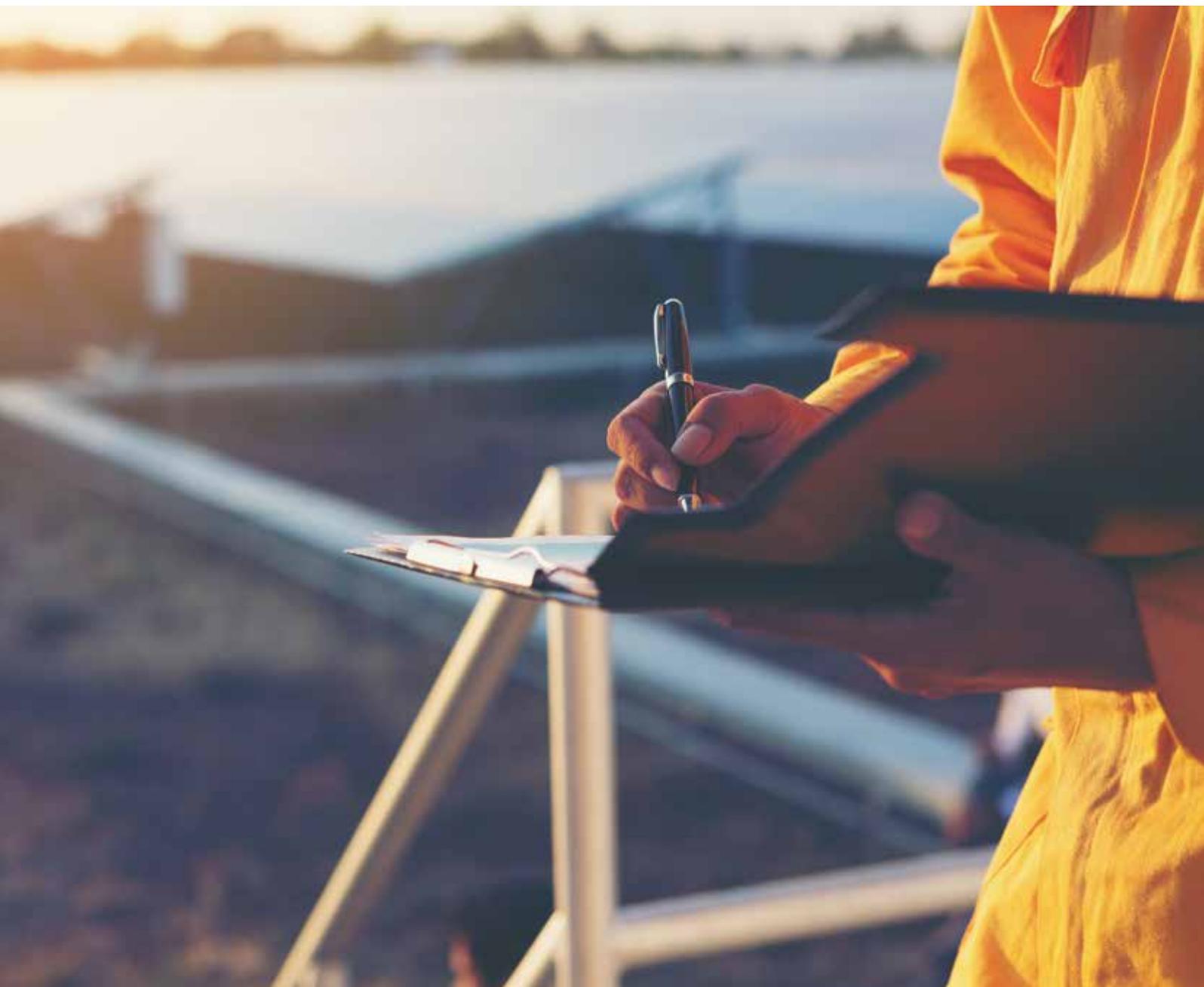
Die Hessen Agentur hat den Monitoringbericht im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (HMWEVW) erstellt. Die Bearbeitung erfolgte wieder in enger Abstimmung mit dem zuständigen Fachreferat Energiepolitik, Erneuerbare Energien, Energietechnologien im HMWEVW und dem Referat Tourismus, Verkehr, Umwelt, Energie im Hessischen Statistischen Landesamt (HSL).

An dieser Stelle sei auch den Mitgliedern der das hessische Energiemonitoring begleitenden Arbeitsgruppe für den fachlichen Input vielmals gedankt.

Redaktionsschluss für die in diesem Bericht verarbeiteten Daten ist der 31. Juli 2022.

# 2

## Ziele der Energiewende und Indikatoren des Energiemonitorings



## 2 Ziele der Energiewende und Indikatoren des Energiemonitorings

Basierend auf den Ergebnissen der Hessischen Energiegipfel trat am 21. November 2012 das Hessische Energiegesetz in Kraft (HEG 2012). Hierin wurde auch das Energiemonitoring für die Umsetzung der Energiewende in Hessen verankert.

Nach dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichtes vom 24. März 2021 zur Konkretisierung der Regelungen im Klimaschutzgesetz von 2019 (KSG 2019) und zur Festlegung der Reduktionsziele für die Jahre nach 2030 hat die Bundesregierung das Klimaschutzgesetz novelliert. Dabei wurde auch der Verschärfung der Klimaziele auf europäischer Ebene Rechnung getragen. Am 31. August 2021 ist die Novelle in Kraft getreten (KSG 2021). Die zentralen Elemente der KSG-Novelle sind die Erhöhung des Ziels für 2030 um 10 Prozentpunkte auf 65 Prozent Treibhausgasminde- rung gegenüber 1990, die Verschärfung der Sektorziele bis 2030 und das Ziel der Treibhausgasneutralität bereits im Jahr 2045, also fünf Jahre früher als bisher (vgl. Kapitel 9).

Vor dem Hintergrund des novellierten Bundesklimaschutzgesetzes hat die Hessische Landesregierung eine Anpassung ihrer klimapolitischen Ziele vorgenommen. Die Änderung des Hessischen Energiegesetzes (Hessischer Landtag 2022a) sieht vor, Hessens Endenergieverbrauch an Strom und Wärme bis zum Jahr 2045 zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energiequellen zu decken und damit ebenfalls fünf Jahre früher als bisher geplant. Weitere Zielvorgaben betreffen die Nutzung der Landesfläche für Windenergie und Photovoltaikanlagen (Hessischer Landtag 2022a).

Nachfolgend sind die Ziele aufgeführt:

### Ziele der Energiewende in Hessen

- Klimaneutralität bis 2045
- Deckung des Endenergieverbrauchs von Strom und Wärme zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energiequellen bis zum Jahr 2045
- Anhebung der jährlichen energetischen Sanierungsquote im Gebäudebestand auf mindestens 2,5 bis 3 Prozent
- Nutzung der Windenergie in einer Größenordnung von 2 Prozent der Fläche des Landes Hessen
- Nutzung von Photovoltaikanlagen in einer Größenordnung von 1 Prozent der Fläche des Landes Hessen

Das Erreichen der Ziele soll gewährleistet werden durch

- die Steigerung der Energieeffizienz,
- die Verbesserung der Energieeinsparungen,
- die Förderung des Ausbaus einer möglichst dezentralen und, soweit sinnvoll, zentralen Energieinfrastruktur aus erneuerbaren Energien,
- die Minimierung des Energieeinsatzes bei Baumaßnahmen und Baustoffen,
- die Schaffung der gesellschaftlichen Akzeptanz für den Umbau hin zu einer Energieversorgung aus erneuerbaren Energien und durch
- die Begrenzung der negativen Auswirkungen des Klimawandels.

Landeseigenen Vorhaben kommt dabei eine Vorbildfunktion zu. So soll sowohl bei Sanierung bestehender landeseigener Gebäude als auch bei Neu- und Erweiterungsbauten Klimaneutralität erreicht werden. Hierzu sollen u. a. auf den Dachflächen Photovoltaikanlagen installiert werden.

Zudem werden im HEG (Hessischer Landtag 2022a) Gemeinden mit mehr als 20.000 Einwohnern verpflichtet, zur Erreichung der Energie- und Klimaziele eine kommunale Wärmeplanung zu entwickeln.

Im Hessischen Energiegesetz ist in Paragraph 11 das Monitoring der hessischen Energiewende festgeschrieben (HEG 2012, Hessischer Landtag 2022a). Aufgabe des Energiemonitorings ist es, die Fortschritte in der Umsetzung der Energiewende auf Basis von Daten und Fakten zu dokumentieren. Hierzu wurde im Rahmen des Energiemonitorings ein umfassendes Indikatorensystem aufgebaut, das eine Vielzahl an statistischen Kenngrößen enthält und laufend fortgeschrieben wird.

Wesentliche Grundlagen des Indikatorensystems bilden Daten der hessischen Energiestatistik, der Bundesnetzagentur sowie Informationen von Institutionen und Verbänden im Energiebereich. Dazu gehören der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW), der Landesverband der Energie- und Wasserwirtschaft Hessen / Rheinland-Pfalz e. V. (LDEW), der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. (AGFW), das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), das Bundesamt für Güterverkehr (BAG), die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) und der Landesinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks Hessen (LIV).

Da endgültige Daten der Energiebilanz für Hessen erst mit einem zeitlichen Nachlauf von drei Jahren und auch vorläufige Zahlen erst mit einem Nachlauf von zwei Jahren zur Verfügung stehen, werden speziell für das hessische Energiemonitoring Schätzungen des Primär- und

Endenergieverbrauchs durchgeführt, um möglichst aktuelle Entwicklungen abbilden zu können. In Abbildung 2 sind die Indikatoren des hessischen Energiemonitorings – gegliedert nach Themenbereichen – dargestellt.

**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>- Spezifischer Stromverbrauch der privaten Haushalte</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 Kraftstoffe</li> <li>- Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch</li> <li>- Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern</li> <li>- Kraftstoffverbrauch aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern</li> </ul>
<b>Wärme / Gebäude</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Endenergieverbrauch für Wärme</li> <li>- Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch</li> <li>- Altersstruktur der Gas- und Ölfeuerungsanlagen</li> <li>- Beheizung neu errichteter Wohngebäude und Wohnungen</li> <li>- Zubau von Erdwärmesonden</li> <li>- Brennholzverbrauch der privaten Haushalte</li> <li>- Förderung von Gebäudemodernisierung</li> <li>- MAP- und BEG-geförderte erneuerbare Energieanlagen</li> </ul>
<b>Anlagen der erneuerbaren und konventionellen Energieerzeugung</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 von EEG-Anlagen nach Energieträgern in Hessen, den Landkreisen, kreisfreien Städten und Gemeinden</li> <li>- Gebote und Zuschläge von Windenergie- und Photovoltaik-Freiflächenanlagen</li> <li>- Windvorranggebiete in Hessen</li> <li>- Anzahl der Solarstromspeicher</li> <li>- Nettostrom- und Nettowärmeerzeugung durch KWK-Anlagen</li> <li>- Anzahl und elektrische Leistung der KWK-Anlagen, Hessen und Landkreise</li> </ul>
<b>Netzausbau und Versorgungssicherheit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Netzausbau der Bundesbedarfsplan- und EnLAG-Vorhaben: Länge, Kennzeichnungen, technische Merkmale, Status des Verfahrens, geplante Inbetriebnahme</li> <li>- Netzoptimierende Maßnahmen</li> <li>- Länge Verteilnetz und Zahl der Entnahmestellen, Netzengpässe</li> <li>- Digitalisierung der Stromnetze: Barometer der Digitalisierung der Energiewende</li> <li>- Investitionen der Netzbetreiber in die Stromnetze</li> <li>- Versorgungssicherheit im Stromnetz: SAIDI, Redispatchmaßnahmen, Netzreservekraftwerke, Einspeisemanagement, Anpassungsmaßnahmen</li> <li>- Gasnetz und Versorgungssicherheit: Netzlänge, SAIDI, Untertage-Gasspeicher, Füllstand</li> <li>- Fernwärmenetz: Trassenlänge, Hausübergabestationen, Leistung, nutzbare Wärmeabgabe</li> </ul>

## Fortsetzung Abbildung 2: Indikatorensystem des hessischen Energiemonitorings

<b>Verkehr und Elektromobilität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Endenergieverbrauch im Verkehrssektor nach Verkehrsträgern und Energieträgern</li> <li>- Spezifischer Endenergieverbrauch im Straßenverkehr pro Kfz und je Einwohner</li> <li>- Fahrleistung mautpflichtiger Lkw auf hessischen Autobahnen</li> <li>- Pkw nach Antriebsarten</li> <li>- Anträge auf Umweltbonus für Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge</li> <li>- Bestand an Elektrofahrzeugen, privaten und öffentlichen Ladepunkten in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten</li> </ul>
<b>Treibhausgasemissionen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Treibhausgasemissionen nach Gasen und Quellgruppen</li> <li>- Treibhausgasintensität: Treibhausgasemissionen bezogen auf Bevölkerung und BIP</li> <li>- Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren</li> <li>- Vermiedene Treibhausgasemissionen</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>- Von der EEG-Umlage befreite Abnahmestellen</li> <li>- Großhandelsstrompreise</li> <li>- Preise energetischer Rohstoffeinfuhren</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>- Spezifische Investitionskosten erneuerbarer Energieerzeugungsanlagen</li> <li>- Investitionen hessischer Betriebe zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien</li> <li>- Beschäftigte in der Energiewirtschaft</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.

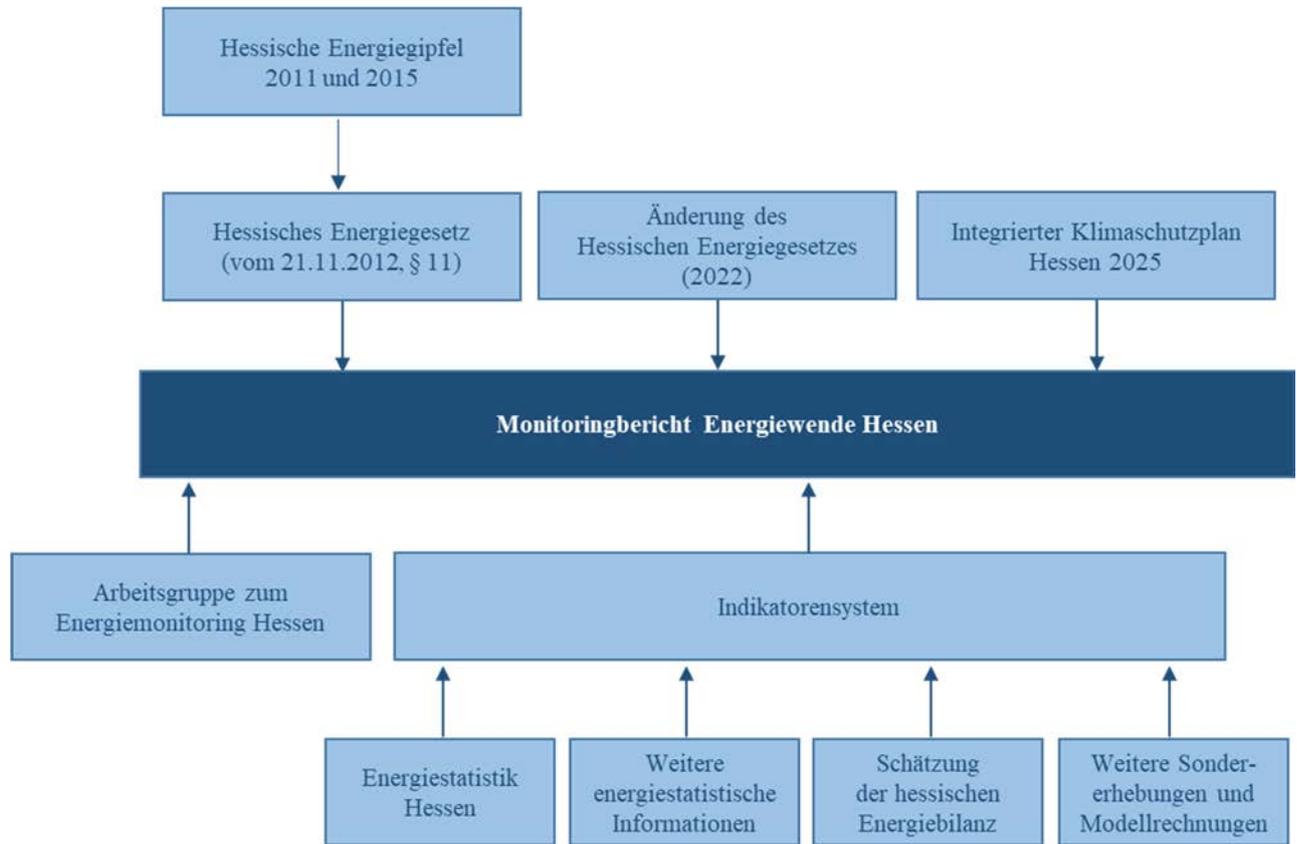
Im vorliegenden Monitoringbericht 2022 werden die Indikatoren – wenn entsprechend verfügbar – für den Zeitraum von 2000 bis 2021 grafisch oder tabellarisch aufbereitet. Bei den Treibhausgasemissionen wird auch das für die Treibhausgasziele relevante Bezugsjahr 1990 dargestellt. Zum Teil können bereits Daten für das Jahr 2022 vorgelegt werden (z. B. Anlagen der erneuerbaren Energieerzeugung, Ladepunkte für Elektrofahrzeuge, Stromnetzausbau, Füllstand Erdgasspeicher).

Das hessische Energiemonitoring wird durch eine Arbeitsgruppe mit Vertretern von Forschungsinstitutionen und Verbänden im Energiebereich fachlich begleitet. Folgende Institutionen sind in der Arbeitsgruppe vertreten (alphabetisch geordnet):

- o AGFW – Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

- o Fachverband Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik Hessen
- o Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE)
- o Landesverband der Energie- und Wasserwirtschaft Hessen / Rheinland-Pfalz e. V. – LDEW
- o Verband kommunaler Unternehmen Landesgruppe Hessen e. V. (VKU)
- o Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Abschließend sind in der folgenden Abbildung 3 die Verankerung des hessischen Energiemonitorings und die Grundlagen der Berichterstattung schematisch dargestellt.

**Abbildung 3: Basis und Datengrundlagen des hessischen Energiemonitorings**

Quelle: Zusammenstellung der Hessen Agentur.

# 3

## Energieverbrauch und Energieeffizienz



### 3 Energieverbrauch und Energieeffizienz

Zur systematischen Erfassung des Energieverbrauchs erstellen die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) und die statistischen Landesämter jährlich Energiebilanzen für Deutschland und die Bundesländer. Angesichts der Komplexität der dabei erfassten Daten liegen endgültige Energiebilanzen erst in größeren zeitlichen Abständen vor – für Deutschland derzeit für das Jahr 2020 und für Hessen und die anderen Bundesländer für das Jahr 2019.

Um auch über aktuelle Entwicklungen berichten zu können, werden nachfolgend, zusätzlich zu der für das Jahr 2020 vom Hessischen Statistischen Landesamt (HSL) erstellten vorläufigen hessischen Energiebilanz, die Ergebnisse einer für das hessische Energiemonitoring vom Leipziger Institut für Energie (IE-Leipzig) geschätzten Energiebilanz für das Jahr 2021 präsentiert. Nach der Prognose für das Jahr 2020 im Vorjahr stellt auch die modellgestützte Prognose für 2021 eine Herausforderung dar. Um die Corona-Effekte rechnerisch zu berücksichtigen, wurden vom IE-Leipzig manuelle Eingriffe in das bestehende Schätzmodell vorgenommen, welche sich an bundesweiten Entwicklungen für 2021 orientieren.

Zunächst einmal setzte sich der im Jahr 2020 mit dem Ausbruch der Corona-Pandemie einhergehende signifikante Rückgang des Energieverbrauchs in Hessen im Jahr 2021 insgesamt nicht weiter fort. Zum einen hat eine deutlich kühlere Witterung als im Vorjahr dazu beigetragen, dass insbesondere der Energieverbrauch zur Wärmeerzeugung zugenommen hat. Zum anderen ist die Wirtschaftsleistung von Hessen gemessen am realen Bruttoinlandsprodukt (BIP) nach ersten Berechnungen im Jahr 2021 wieder um 3,1 Prozent und damit etwas stärker als im Bundesdurchschnitt (+2,9 %) angestiegen. Der starke Einbruch des Vorjahres (Hessen: -4,7 %) konnte allerdings noch nicht ausgeglichen werden. Speziell im Verarbeitenden Gewerbe ist nach ersten Berechnungen für das Jahr 2021 mit einem Anstieg der Wirtschaftsleistung in Hessen ein überdurchschnittliches Wachstum um voraussichtlich 4,7 Prozent zu erwarten. Wirtschaftsentwicklung und insbesondere kühlere Witterung haben den Energieverbrauch im Jahr 2021 ansteigen lassen.

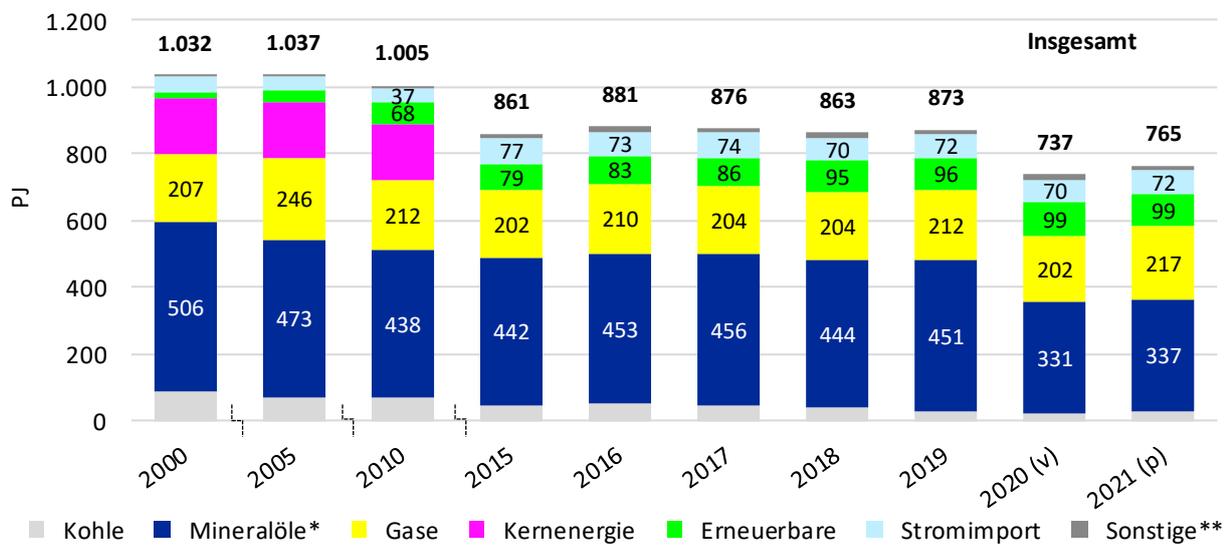
Sehr schwache positive Effekte gingen zudem von der Entwicklung der Einwohnerzahlen Hessens aus. Dabei schlugen sich die auch im Jahr 2021 weiter bestehenden Einschränkungen im nationalen und internationalen Personenverkehr wieder in sehr geringen Zu- und Fortzugszahlen für Hessen nieder. Per Saldo erzielte Hessen im Jahr 2021 durch Zuwanderungen über die Landesgrenzen einen Anstieg der Einwohnerzahl in Höhe von rund 16.000 Personen. In den Jahren 2018 und 2019 lagen die entsprechenden Wanderungsgewinne mit Werten von jeweils knapp 30.000 Personen fast doppelt so hoch. Unter Berücksichtigung von Geburten und Sterbefällen und des daraus resultierenden negativen natürlichen Bevölkerungssaldos stieg die Einwohnerzahl Hessens im Jahr 2021 „nur“ um knapp 1.900 Personen gegenüber dem Vorjahr an. Dies ist der mit Abstand geringste Zuwachs seit dem Zensusjahr 2011. Selbst im ersten Corona-Jahr 2020 bezifferte sich der entsprechende Zuwachs auf knapp 5.100 Personen, in den Jahren 2018 und 2019 konnten Bevölkerungszuwächse von jeweils rund 22.500 Personen erzielt werden.

#### 3.1 Primärenergieverbrauch

Das IE-Leipzig hat für Hessen einen Primärenergieverbrauch (PEV) in Höhe von 764,9 Petajoule (PJ) im Jahr 2021 geschätzt (siehe Abbildung 4).<sup>1</sup> Das sind 28,0 PJ bzw. 3,8 Prozent mehr als im Vorjahr. Ursächlich hierfür sind neben der wiedereinsetzenden wirtschaftlichen Erholung vor allem die im Vorjahresvergleich deutlich kühlere Witterung. Insgesamt blieb der PEV aber weiterhin deutlich unter dem Vor-Corona-Niveau. So bewegte sich der PEV vor der Corona-Pandemie mit geringen, überwiegend witterungsbedingten Schwankungen um Werte von 870 PJ.

Der ausgeprägte Rückgang des PEV zwischen 2010 und 2015 ist auf die Stilllegung des Kernkraftwerkes Biblis im Jahr 2011 zurückzuführen. Hintergrund dieser hohen Reduktion ist ein statistischer Effekt.<sup>2</sup>

- 1 Alle Angaben für das Jahr 2021 basieren auf Prognoseberechnungen, was insbesondere bei der Interpretation von Vorjahresvergleichen zu beachten ist.
- 2 Gemäß internationaler Vereinbarung hat die Energieerzeugung aus Kernenergie einen Wirkungsgrad von 33 Prozent, wohingegen für erneuerbare Energien und für Stromimporte Wirkungsgrade von 100 Prozent angenommen werden. Wird Kernenergie durch Energieträger mit höheren Wirkungsgraden substituiert, reduziert sich der Primärenergieverbrauch entsprechend (HSL 2014, S. 176).

**Abbildung 4: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000-2021 (in PJ)**

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

Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

### Primärenergieverbrauch nach Energieträgern

Der Anstieg des PEV im Jahr 2021 ist vor allem auf die Zunahme des Gasverbrauchs (+15,3 PJ bzw. +7,6 %) zurückzuführen. Einen großen Anteil daran dürfte die kühlere Witterung gehabt haben, was ebenso die Zunahme des Kohleverbrauchs (+4,8 PJ bzw. +20,9 %) erklären würde.

Aufgrund der wirtschaftlichen Erholung haben sich der Mineralölverbrauch (5,8 PJ bzw. 1,8 %) und der Stromimport (+2,0 PJ bzw. 2,9 %) erhöht. So wurden am Frankfurter Flughafen 2021 wieder rund ein Drittel mehr Passagiere und rund ein Fünftel mehr Fracht transportiert als im Vorjahr (Fraport 2022). Im Vergleich zum Vor-Corona-Jahr 2019 lagen die Passagierzahlen aber immer noch um 65 Prozent niedriger und die Zahl der Flugbewegungen bei knapp der Hälfte. Das Frachtvolumen übertraf jedoch das Ergebnis des Jahres 2019 um etwa 9 Prozent. Zudem ist mit 0,4 PJ bzw. 3,1 Prozent auch eine leichte Zunahme in der Gruppe sonstige Energieträger, in der z. B. hergestellte Gase und fossile Abfälle zusammengefasst werden, festzustellen.

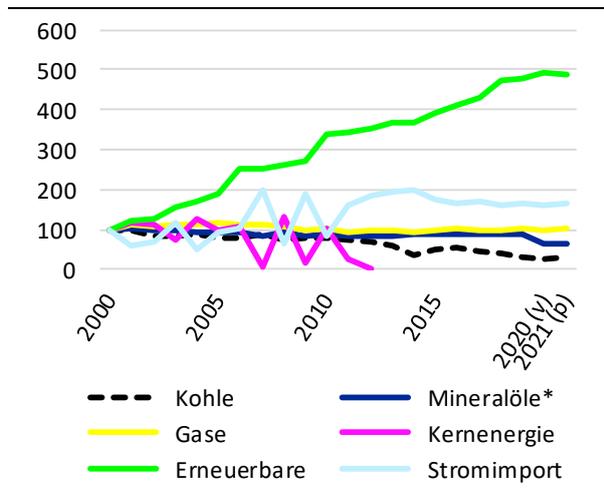
Im Gegensatz dazu war der Einsatz von erneuerbaren Energien für den PEV leicht rückläufig (-0,4 PJ bzw. -0,4 %). Dies ist vor allem das Ergebnis schlechter Windverhältnisse im ersten Halbjahr 2021. Im ersten Halbjahr 2022 lag die Stromeinspeisung aus Windenergieanlagen hingegen um 22 Prozent über dem Vorjahreswert. Aufgrund der kühleren Witterung 2021 ist zudem der Einsatz von erneuerbaren Brennstoffen zur Wärmeengewinnung

deutlich angestiegen (siehe dazu die Erläuterungen in Kapitel 4.2).

Mineralöle dominieren mit einem Anteil von 44 Prozent die Zusammensetzung des PEV auch im Jahr 2021. Auf Gase entfallen 28 Prozent, auf erneuerbare Energien 13 Prozent, auf Stromimporte 9 Prozent, auf Kohle 4 Prozent und auf Sonstige 2 Prozent des PEV.

Wie aus Abbildung 5 ersichtlich wird, wächst der PEV erneuerbarer Energien langfristig sehr dynamisch und hat sich seit dem Jahr 2000 fast verfünffacht. Die Stromimporte sind bei Produktionsunterbrechungen und insbesondere nach endgültiger Stilllegung des Kernkraftwerks Biblis kurzfristig deutlich angestiegen, dann aber wieder bis zum Jahr 2016 gesunken. Seither blieb das Niveau mit leichten Schwankungen nahezu konstant. Der Einsatz von Kohle ist von 88,5 PJ im Jahr 2000 auf zuletzt 31 PJ im Jahr 2021 und damit auf ungefähr ein Drittel zurückgegangen. Demgegenüber blieb der Verbrauch von Gasen seit 2000 nahezu unverändert. Der Einsatz von Mineralölen, der zwischen den Jahren 2000 und 2019 nur in vergleichsweise geringem Maße um etwa 10 Prozent abgenommen hat, verzeichnete coronabedingt im Jahr 2020 eine signifikante Abnahme auf 65,4 Indexpunkte im Vergleich zum Ausgangsjahr 2000. Auch im Jahr 2021 liegt der Indexwert mit 66,8 deutlich unterhalb des Niveaus vor der Corona-Pandemie.

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



\* einschl. Flüssiggas

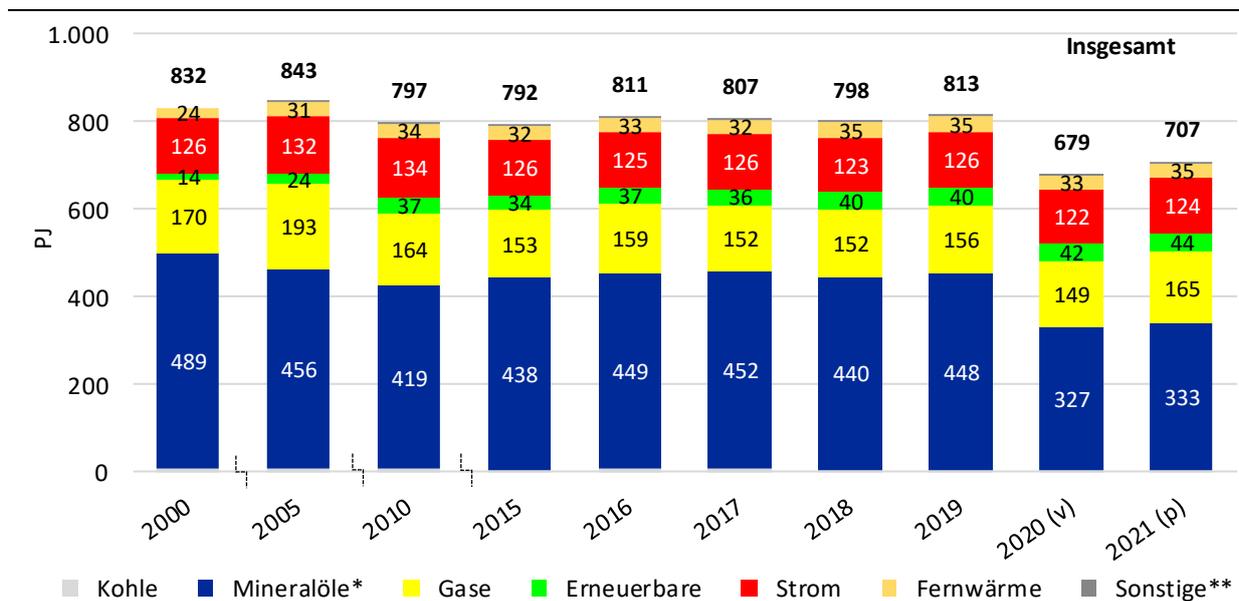
Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

## 3.2 Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch (EEV) ist die Energie, die von Endverbrauchern in den Sektoren Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, private Haushalte und im Verkehr verbraucht wird. Der Unterschied zwischen PEV und EEV besteht in den Bilanzpositionen Umwandlungs- und Übertragungsverluste, die nicht zum EEV gerechnet werden. Nach erster Schätzung beziffert sich der EEV im Jahr 2021 in Hessen auf insgesamt 707,4 PJ und liegt damit um 28,1 PJ bzw. 4,1 Prozent über dem Vorjahresniveau (siehe Abbildung 6).

Im Zeitraum von 2010 bis 2019 vor der Corona-Pandemie gab es keine Schwankungen in dieser Größenordnung. Der EEV bewegte sich mit leichten Schwankungen um das Niveau von 800 PJ.

**Abbildung 6: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000-2021 (in PJ)**



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

Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

### Endenergieverbrauch nach Energieträgern

Ähnlich wie beim PEV erweist sich die kühlere Witterung auch für den EEV als Treiber für die Zunahme im Jahr 2021. Gas verzeichnet den höchsten absoluten und relativen Zuwachs mit 15,4 PJ bzw. 10,3 Prozent. Fernwärme stieg um 2,6 PJ (+8,1 %) und Erneuerbare um

2,1 PJ (+5,0 %). Anzumerken ist, dass aus methodischen Gründen unter erneuerbaren Energien hier ausschließlich feste Biomasse in Form von Holz zum Heizen sowie Biokraftstoffe im Verkehrssektor berücksichtigt werden. Der Einsatz erneuerbarer Energien zur Herstellung der sekundären Energieträger Strom- und Fernwärme im EEV ist nicht in der Kategorie erneuerbare Energien enthalten,

sondern integraler Bestandteil dieser Größen. Eine Aufgliederung hierzu ist in einer gesonderten Bilanzierung in Abbildung 21 „Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe 2003-2021“ in Kapitel 4.2 dargestellt.

Die Zunahmen der Verbräuche von Mineralölen (+5,4 PJ bzw. +1,6 %) und Strom (+2,4 PJ bzw. +2,0 %) dürften vor allem auf das wieder gestiegene Wirtschaftswachstum einhergehend mit mehr Transportleistungen zurückzuführen sein. Der Verbrauch von Kohle (+0,1 PJ bzw. +3,0 %) und Sonstigen (+0,1 PJ bzw. +2,9 %) blieb nahezu unverändert. Mit zusammen weniger als 1 Prozent Anteil ist deren Beitrag zum EEV jedoch sehr gering. Geprägt wird die Zusammensetzung des EEV durch Mineralöle (47 %), Gase (23 %) und Strom (18 %). Mit Abstand folgen Erneuerbare und Fernwärme mit Anteilswerten von 6 bzw. 5 Prozent.

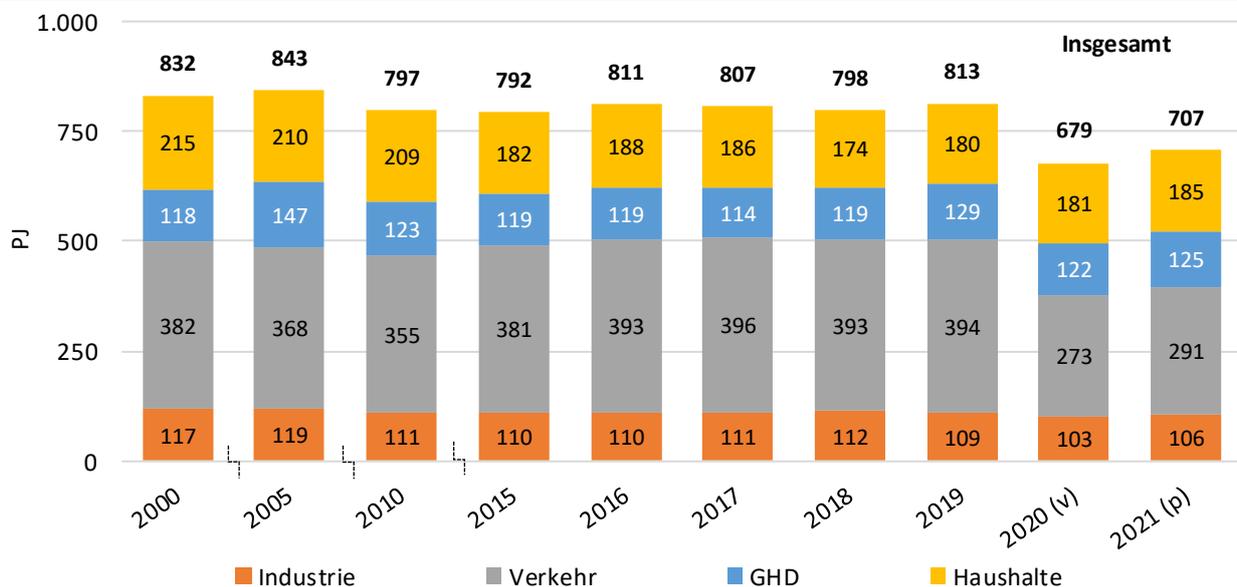
In langfristiger Betrachtung zeichnet sich zwischen 2000 und 2010 ein rückläufiger Einsatz von Mineralölen ab, danach ist bis 2019 tendenziell wieder ein Mehrverbrauch dieses fossilen Energieträgers erkennbar. Der Einsatz erneuerbarer Energien hat über den Gesamtzeitraum zugenommen und sich von 14 PJ im Jahr 2000 auf 44 PJ im Jahr 2021 in etwa verdreifacht.

## Endenergieverbrauch nach Sektoren

Der EEV ist im Jahr 2021 in allen Sektoren wieder angestiegen (siehe Abbildung 7). Absolut und relativ am stärksten fiel die Zunahme im Verkehrssektor mit 18,7 PJ (+6,8 %) aus. Mit deutlichem Abstand folgten die Sektoren private Haushalte (+4,7 PJ bzw. +2,6 %), Industrie<sup>3</sup> (+3,3 PJ bzw. +3,2 %) sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) (+3,2 PJ bzw. +2,6 %). Dabei dürfte die Verbrauchszunahme der privaten Haushalte vor allem auf die kühlere Witterung zurückzuführen sein, wohingegen für die anderen Sektoren vor allem die wirtschaftliche Erholung zu nennen ist.

Bei langfristiger Betrachtung ist der EEV vor allem bei den privaten Haushalten zurückgegangen. So lag deren EEV 2021 mit 185 PJ um 29,4 PJ bzw. 13,7 Prozent niedriger als im Jahr 2000. Rückläufig ist zudem der Energieverbrauch in der Industrie, die im Jahr 2021 insgesamt 11,6 PJ bzw. 9,9 Prozent weniger verbraucht hat als 21 Jahre zuvor.

Abbildung 7: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren 2000-2021 (in PJ)



Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

3 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.

Ausgehend von einem EEV in Höhe von 382 PJ im Jahr 2000 ist auch im Verkehrssektor zunächst eine rückläufige Entwicklung auf 355 PJ bis zum Jahr 2010 festzustellen. Danach hat sich der EEV bis zum Jahr 2019 deutlich auf 394 PJ erhöht, wozu insbesondere der EEV des Luftverkehrs am Frankfurter Flughafen beigetragen hat (siehe hierzu ausführlich Kapitel 8.2).

Tendenziell leicht steigend ist auch der EEV im Sektor GHD, der im Jahr 2021 mit insgesamt 125 PJ einen um 7,1 PJ bzw. 6,0 Prozent höheren Verbrauch als im Jahr 2000 zu verzeichnen hatte. Ein Großteil dieses Zuwachses hat dabei im Jahr 2019 stattgefunden und war auf Zunahmen des Gas- und insbesondere des Stromverbrauchs zurückzuführen (siehe Abbildung 7).

### Sektoraler Endenergieverbrauch nach Energieträgern

Der nach Energieträgern differenzierte Endenergieverbrauch für die Verbrauchssektoren Industrie, GHD und private Haushalte ist in den Abbildungen 8 bis 10 veranschaulicht. Für den Verkehrssektor erfolgt eine entsprechende Darstellung des EEV gesondert in Kapitel 8 „Verkehr und Elektromobilität“.

Gemessen an der Bruttowertschöpfung beziffert sich der Produktionsrückgang der hessischen Industrie im Jahr 2020 auf real 9,1 Prozent gegenüber dem Vorjahr und war damit bei Weitem nicht so stark ausgeprägt wie der Rückgang in der Weltwirtschaftskrise im Jahr 2009 (-17,7 %). Für das Jahr 2021 zeichnet sich zwar wieder eine wirtschaftliche Erholung und ein Anstieg der realen Bruttowertschöpfung in Höhe von 4,7 Prozent ab, das Vorkrisenniveau wird damit aber bei Weitem noch nicht erreicht. Diese wirtschaftliche Entwicklung spiegelt sich auch im Energieverbrauch der Industrie wider (siehe Abbildung 8). Nach dem Rückgang im ersten Corona-Jahr 2020 um 6 PJ (-6 %) erhöhte sich der EEV im Jahr 2021 wieder um 3 PJ bzw. 3,2 Prozent, blieb damit aber noch deutlich unter dem Vorkrisenniveau. Dabei hat sich der Verbrauch aller Energieträger erhöht, am stärksten der von Gasen (+1,2 PJ bzw. +3,2 %), gefolgt von Fernwärme (+0,7 PJ bzw. +4,0 %), Strom (+0,7 PJ bzw. +2,1 %) und Erneuerbaren (+0,4 PJ bzw. +10,3 %). Die Zunahmen der übrigen Energieträger Kohle, Mineralöle und Sonstige fielen demgegenüber mit jeweils 0,1 PJ gering aus.

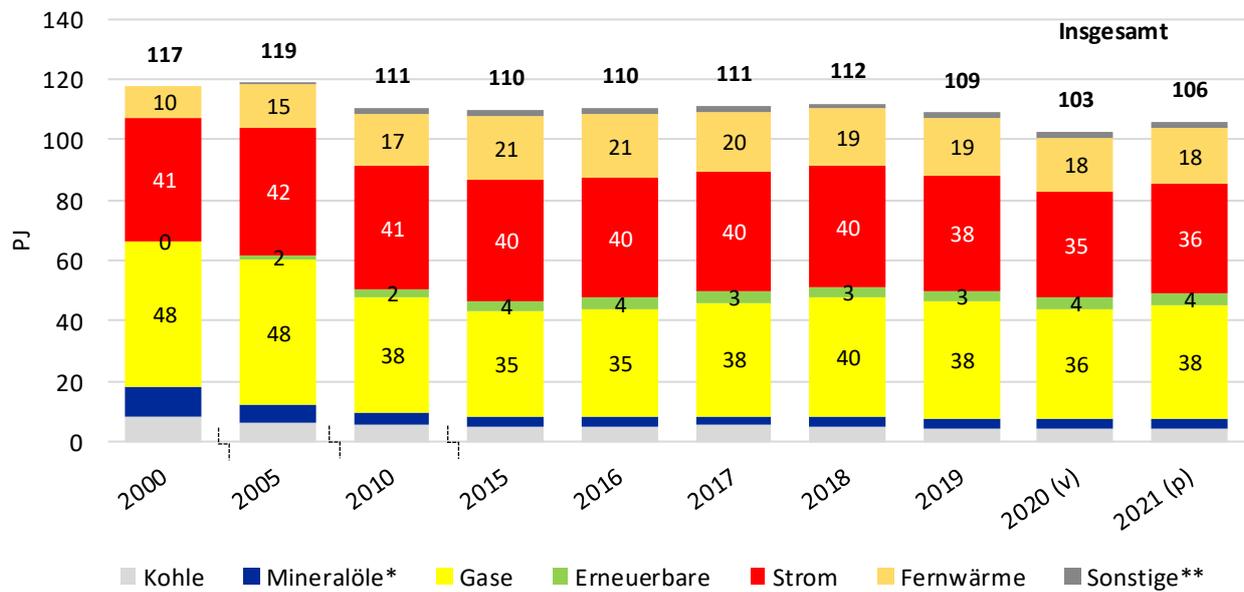
Der EEV in der Industrie wird von Gasen und Strom geprägt, auf die zuletzt im Jahr 2021 jeweils rund ein Drittel (Gase: 35,6 % und Strom: 34,4 %) entfielen. Die Anteilswerte von Fernwärme und Erneuerbaren sind im letzten Jahrzehnt gestiegen auf zuletzt 17,4 Prozent bzw.

3,7 Prozent. Demgegenüber ist die Bedeutung der Energieträger Kohle (4,1 %) und Mineralöle (3,3 %) gesunken, Sonstige blieben mit 1,9 Prozent nahezu unverändert. Insgesamt schwankte in längerfristiger Betrachtung seit 2010 der EEV in der Industrie bis zum Vor-Corona-Jahr 2019 um einen Wert von 110 PJ.

Auch im Sektor GHD reichte die wirtschaftliche Erholung im Jahr 2021 mit einer Zunahme der Wirtschaftsleistung von real 3,2 Prozent nicht aus, um die coronabedingte Rezession im Jahr 2020 in Höhe von -4,6 Prozent auszugleichen. Anders als im Industriesektor dürfte der Energieverbrauch im Sektor GHD im Jahr 2021 mit 125 PJ aber bereits wieder das Niveau des Jahres 2019 erreichen (siehe Abbildung 9). Vor allem witterungsbedingt dürften sich dabei die Verbräuche von Gasen (+6,0 PJ bzw. +14,4 %), Strom (+1,3 PJ bzw. +2,6 %), Fernwärme (+1,0 PJ bzw. +14,1 %) und Erneuerbaren (+0,5 PJ bzw. +10,5 %) erhöht haben. Der Verbrauch von Mineralölen ging hingegen zurück (-1,6 PJ bzw. -10,2 %). Kohle und Sonstige tragen kaum zum EEV bei.

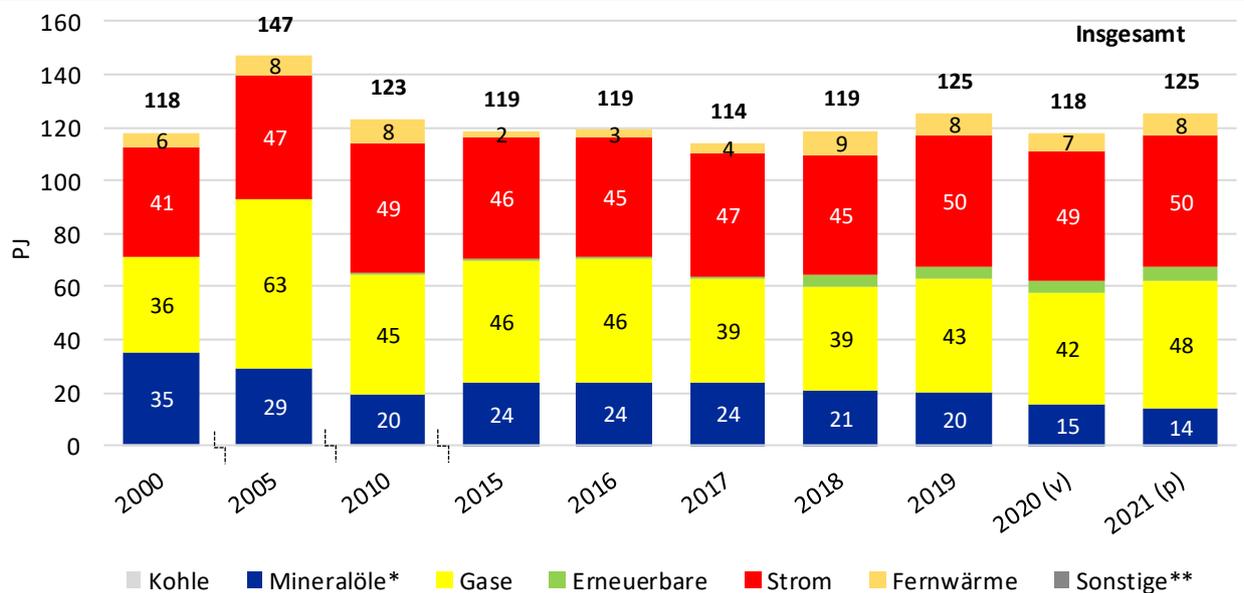
Strom (39,8 %) und Gase (38,5 %) prägen zusammen zu fast 80 Prozent die Zusammensetzung des EEV nach Energieträgern im Sektor GHD im Jahr 2021. Auf Mineralöle, Fernwärme und Erneuerbare entfallen Anteilswerte von 11,1 Prozent, 6,5 Prozent und 4,1 Prozent. Beim Energieträger Erneuerbare ist allerdings zu beachten, dass die zur Erzeugung von Fernwärme und Strom eingesetzten erneuerbaren Energien aus methodischen Gründen nicht in der Position „Erneuerbare“ ausgewiesen werden. Wie bereits oben erwähnt, findet eine gesonderte Darstellung hierzu in Kapitel 4.2 statt. Von 2010 bis zum Jahr 2019 war die Zusammensetzung der Energieträger relativ stabil, wobei allerdings der Verbrauch von Erneuerbaren tendenziell zunahm. Während der Corona-Pandemie ist bisher ein signifikanter Rückgang beim Verbrauch von Mineralölen zu beobachten. Dabei wurde im Jahr 2021 mit insgesamt 125 PJ in etwa so viel Energie verbraucht wie im Jahr 2010 (123 PJ).

Der EEV der privaten Haushalte ist im Jahr 2021 leicht um 1,1 PJ bzw. 0,6 Prozent zurückgegangen, liegt mit 185 PJ jedoch in etwa auf dem Durchschnittsniveau der Vorjahre (siehe Abbildung 10). Durch die kühlere Witterung haben die Haushalte mehr Gas (+8,0 PJ bzw. +11,4 %), Erneuerbare (+2,7 PJ bzw. +12,1 %) und Fernwärme (+0,9 PJ bzw. +12,1%) für Heizzwecke verbraucht. Beim Verbrauch von erneuerbaren Energien handelt es sich überwiegend um Brennholz. Auch hier ist zu beachten, dass die zur Erzeugung von Fernwärme und Strom eingesetzten erneuerbaren Energien aus methodischen Gründen nicht in der Position „Erneuerbare“ ausgewiesen werden.

**Abbildung 8: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in der Industrie nach Energieträgern 2000-2021 (in PJ)**

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

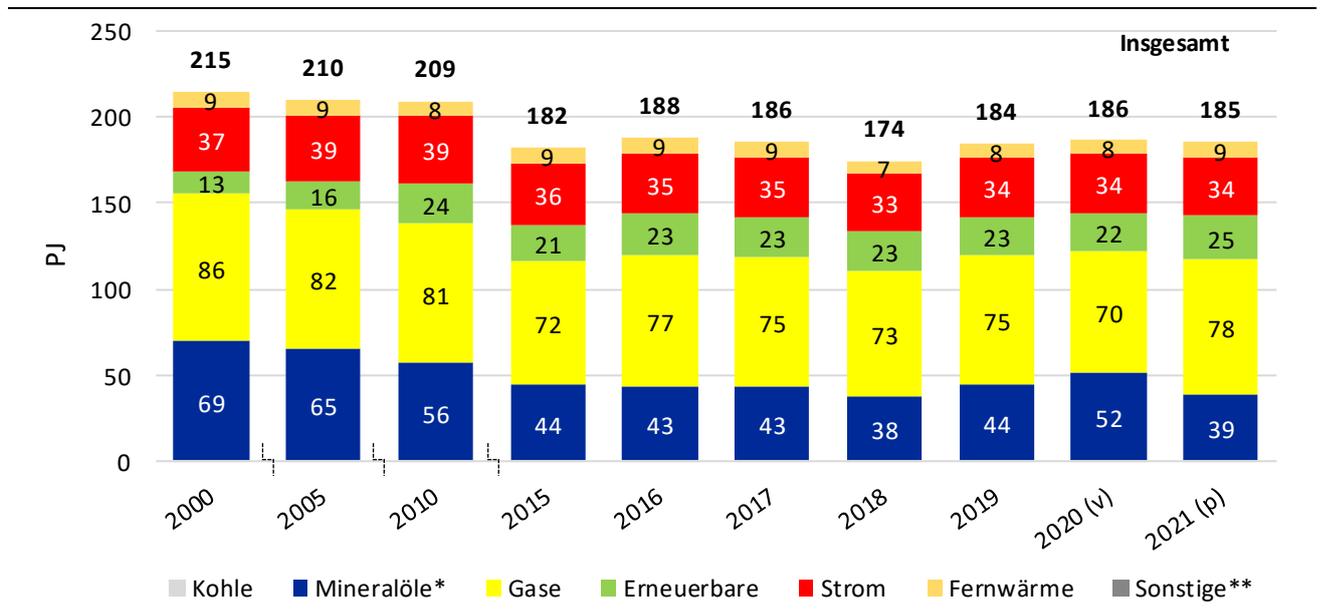
Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

**Abbildung 9: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen nach Energieträgern 2000-2021 (in PJ)**

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

Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

**Abbildung 10: Entwicklung des Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte nach Energieträgern 2000-2021**  
(in PJ)



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

Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

Demgegenüber erhöhte sich der Stromverbrauch nur geringfügig um 0,1 PJ bzw. 0,4 Prozent und der Verbrauch von Mineralölen war sogar stark rückläufig (-12,9 PJ bzw. -25,0 %). Dieser Rückgang bei Mineralölen ist vor allem darauf zurückzuführen, dass bei den sehr niedrigen Heizölpreisen im Jahr 2020 die Tankkessel aufgefüllt und Vorratskäufe getätigt wurden. Bei wieder ansteigenden Preisen im Jahr 2021 war anschließend eine ausgeprägte Kaufzurückhaltung zu beobachten. Von sehr geringer Bedeutung und nahezu unverändert blieben der EEV von Kohle und Sonstigen.

Bei langfristiger Betrachtung hat sich der EEV der privaten Haushalte zwischen 2000 und 2021 um 29,4 PJ bzw. 13,7 Prozent verringert. Der Rückgang fand dabei vor allem bis zum Jahr 2011 statt und bewegt sich seitdem um den Wert von 185 PJ, wobei sich Witterungseinflüsse in Abweichungen nach oben in besonders kühlen Jahren und nach unten in entsprechend milden Jahren wie z. B. dem Jahr 2018 widerspiegeln.

Differenziert nach Energieträgern war zwischen 2000 und 2021 insbesondere der Verbrauch von Mineralölen (-30,3 PJ bzw. -43,9 %) deutlich rückläufig. Im Gegenzug ist eine signifikante Zunahme von erneuerbaren Energien (+11,9 PJ bzw. +90,2 %) zu verzeichnen, hauptsächlich bedingt durch Zunahmen von Holz- oder Pelletöfen, aber auch von Wärmepumpen und Solarthermianlagen (siehe dazu Kapitel 5.3).

### 3.3 Stromverbrauch und Stromerzeugung

Im Jahr 2021 wurden in Hessen insgesamt 16,7 Terawattstunden (TWh) an Bruttostrom erzeugt und 36,6 TWh verbraucht (Abbildung 11). Die Differenz zwischen Erzeugung und Verbrauch wird durch den Stromaustauschsaldo in Höhe von 19,9 TWh geschlossen. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Bruttostromverbrauch leicht um 0,2 TWh bzw. 0,7 Prozent erhöht. Gleichzeitig ist die Bruttostromerzeugung um 0,3 TWh bzw. 1,9 Prozent gesunken. Dadurch erhöhte sich der Stromaustauschsaldo um 0,6 TWh bzw. 2,9 Prozent.

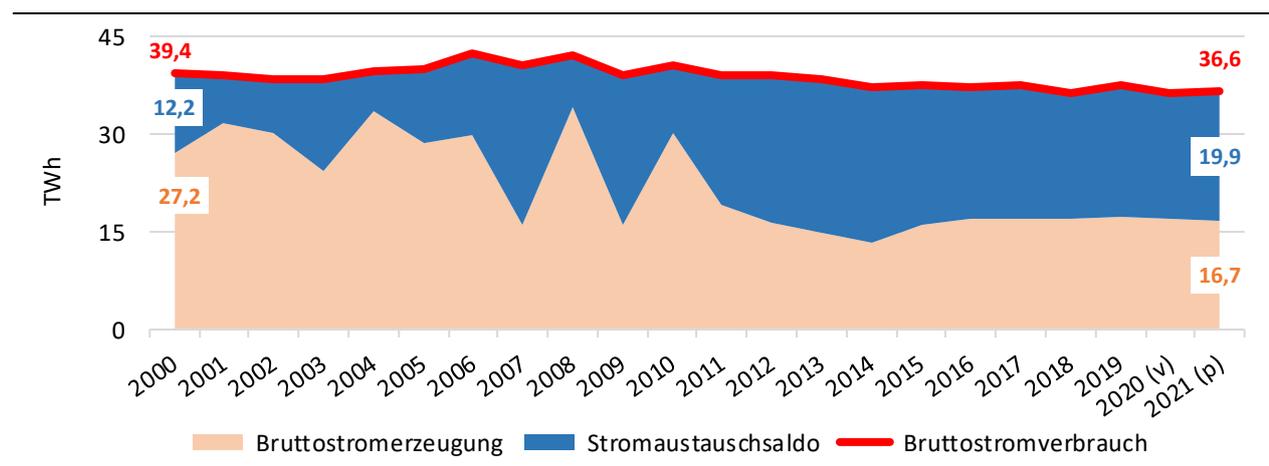
Insgesamt hat Hessen im Jahr 2021 rund 54 Prozent seines Bruttostromverbrauchs aus anderen Bundesländern bzw. aus dem Ausland bezogen, womit die Einbindung in das deutsche und europäische Fernübertragungsnetz für die Versorgungssicherheit des Landes als elementar bedeutsam anzusehen ist (siehe dazu Kapitel 7).

Langfristig entwickelt sich der Bruttostromverbrauch seit dem Jahr 2000 tendenziell leicht rückläufig. Demgegenüber ist die Bruttostromerzeugung durch deutliche Auf- und Abwärtsbewegungen geprägt. Ursächlich hierfür sind Produktionsschwankungen der großen hessischen Kraftwerke. So bilden sich die längeren Stillstände des Kernkraftwerks Biblis in den Jahren 2007 und 2009 und dessen endgültige Stilllegung im Jahr 2011 ebenso deutlich ab wie der durch einen Unfall verursachte Ausfall

des Kraftwerks Staudinger im Jahr 2014 und dessen Wiederanfahren im Jahr 2015. Seither verläuft die Entwicklung der Bruttostromerzeugung weitgehend stabil. Wie in Kapitel 3.2 gezeigt werden konnte, werden tendenziell rückläufige Stromverbräuche in den Sektoren Industrie und private Haushalte durch einen steigenden Stromverbrauch im Sektor GHD kompensiert. Ursächlich hierfür

ist die Zunahme der zum Sektor GHD zählenden sehr stromintensiven Rechenzentren. Hier ist eine besondere lokale Konzentration in und um Frankfurt festzustellen. Allein im Stadtgebiet Frankfurt ist im Zeitraum von 2017 bis 2020 der Stromverbrauch für Rechenzentren um 60 Prozent auf 1,6 TWh angestiegen (Borderstep 2021).

**Abbildung 11: Entwicklung von Bruttostromverbrauch, -erzeugung und Stromaustauschsaldo 2000-2021**  
(in TWh)



Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

### Brutto- und Nettostromverbrauch

Der Unterschied zwischen Brutto- und Nettostromverbrauch besteht im Eigenverbrauch der Kraftwerke bei der Stromerzeugung sowie in Übertragungs- und Verteilungsverlusten auf dem Weg zum Endverbraucher. Abbildung 12 zeigt die langfristige Entwicklung dieser beiden Größen mit einer zusätzlichen Differenzierung des Nettostromverbrauchs nach den Endverbrauchssektoren.

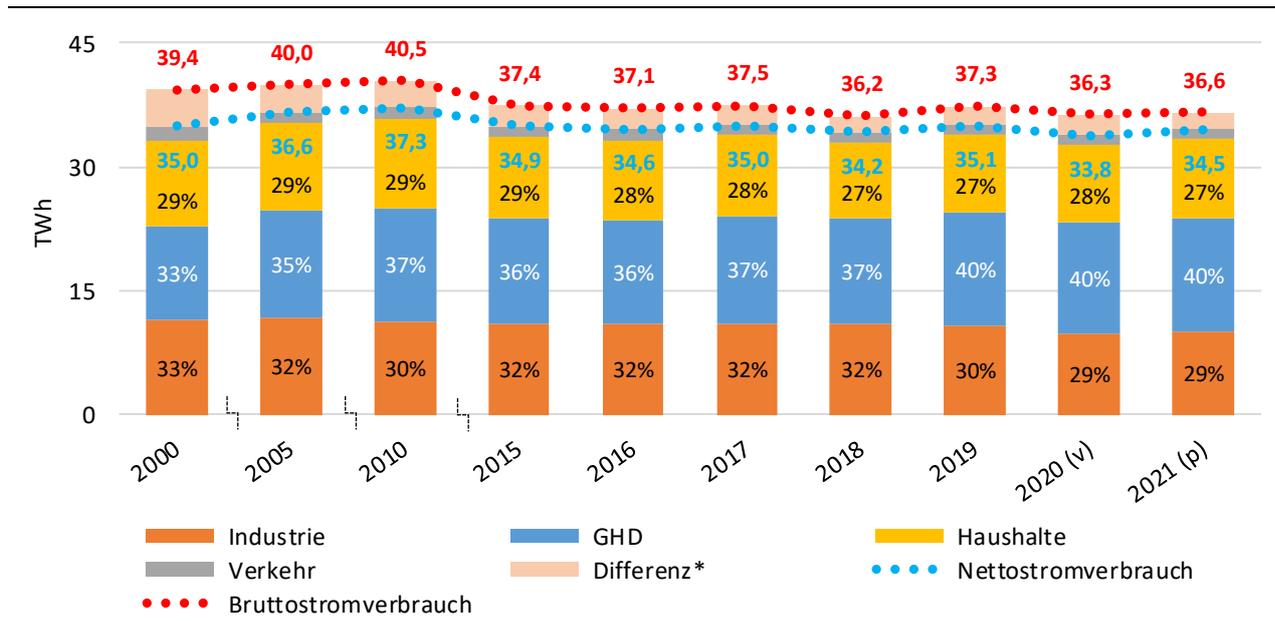
Im Jahr 2021 beziffert sich der Nettostromverbrauch auf 34,5 TWh. Das sind 0,7 TWh bzw. 2,0 Prozent mehr als ein Jahr zuvor. Ursächlich für den leicht angestiegenen Stromverbrauch dürfte vor allem die wirtschaftliche Erholung sein. So erhöhte sich binnen Jahresfrist der Stromverbrauch vor allem im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) um 0,3 TWh (+2,6 %) und in der Industrie um 0,2 TWh (+2,1 %). Die Veränderungen des Stromverbrauchs im Verkehr (+0,08 TWh bzw. +7,3 %) und der privaten Haushalte (+0,04 PJ bzw. +0,4 %) fielen demgegenüber niedriger aus.

Diese insgesamt nur geringen sektoralen Entwicklungsunterschiede schlagen sich kaum in der strukturellen Zusammensetzung des Nettostromverbrauchs nieder: Auf GHD und Industrie entfallen nahezu unverändert wie im Vorjahr 40 bzw. 29 Prozent. Auch die vergleichsweise

geringe Bedeutung des Verkehrssektors für die sektorale Zusammensetzung des Nettostromverbrauchs bleibt mit rund 3 Prozent unverändert. Der Anteilswert der privaten Haushalte sank leicht von 27,9 Prozent im Jahr 2020 auf 27,4 Prozent im Jahr 2021.

Mit 40 Prozent entfällt auch im Jahr 2021 der mit Abstand höchste Anteil des Nettostromverbrauchs auf den Sektor GHD. Darin zeigt sich die hohe Bedeutung des Dienstleistungssektors für die hessische Wirtschaft. Besonders expansiv erweisen sich dabei wie bereits erwähnt Rechenzentren, die in Frankfurt und Umgebung betrieben werden. Frankfurt zählt zu den weltweit wichtigsten Standorten für Rechenzentren. Der Strombedarf der Rechenzentren in Frankfurt wird auf rund 20 Prozent des gesamten Stromverbrauchs der Stadt beziffert (FAZ 2021). Die Rechenzentren sind damit der größte Stromverbraucher im Rhein-Main-Gebiet und diese dynamische Entwicklung dürfte sich auch zukünftig weiter fortsetzen. Nach Berechnungen der Beratungsagentur Borderstep beziffert sich der Energieverbrauch für den Betrieb von Rechenzentren in Hessen im Jahr 2020 auf rund 4,3 TWh (Borderstep 2021). Setzen sich die aktuellen Trends fort, ist bis zum Jahr 2030 mit einem weiteren Anstieg des Energiebedarfs für Rechenzentren in Hessen auf bis zu 6,2 TWh zu rechnen.

Abbildung 12: Entwicklung von Brutto- und Nettostromverbrauch 2000-2021 (in TWh, Anteilswerte in %)



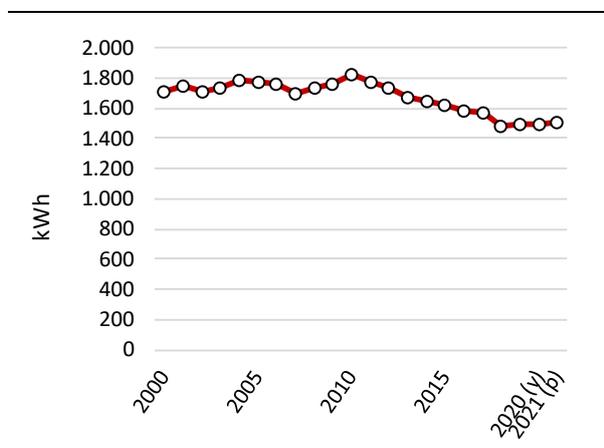
\* Verbrauch im Umwandlungssektor / Eigenverbrauch und Übertragungsverluste

Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

### Stromverbrauch pro Kopf

Verteilt man den Nettostromverbrauch der privaten Haushalte im Jahr 2021 in Höhe von insgesamt 9,5 TWh auf die knapp 6,3 Mio. Einwohner Hessens, errechnet sich ein Pro-Kopf-Stromverbrauch in Höhe von 1.507 kWh. Das ist geringfügig mehr als im Jahr zuvor (+6 kWh bzw. +0,5 %).

Abbildung 13: Stromverbrauch der privaten Haushalte pro Kopf 2000-2021 (in kWh)



Quelle: IE-Leipzig 2021, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

In langfristiger Betrachtung bewegte sich der Pro-Kopf-Verbrauch in den Jahren von 2000 bis 2010 mit geringen Schwankungen um den Wert von 1.750 kWh. Danach war zwischen 2010 und 2018 ein kontinuierlicher Abwärtstrend zu beobachten, der sich aber in den Folgejahren nicht weiter fortsetzte (siehe Abbildung 13).

### Bruttostromerzeugung nach Energieträgern

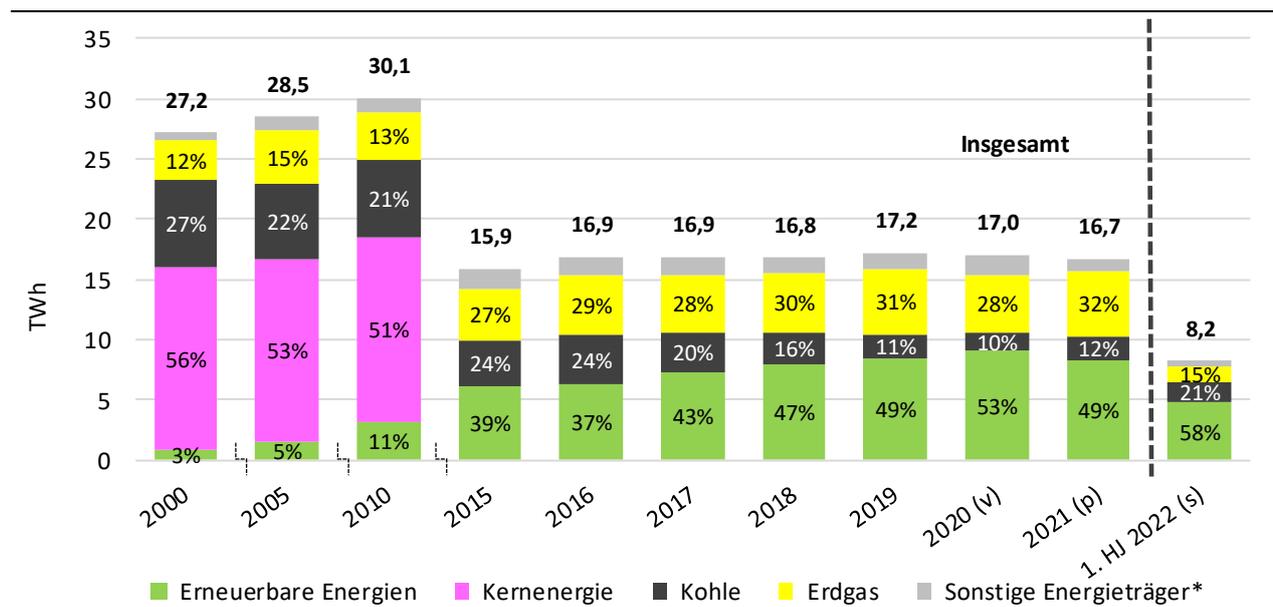
In Hessen wurde im Jahr 2021 Bruttostrom im Umfang von 16,7 TWh erzeugt, 0,3 TWh bzw. 1,9 Prozent weniger als im Vorjahr (siehe Abbildung 14). Aufgrund schlechter Windbedingungen insbesondere im ersten Halbjahr 2021 fiel die erneuerbare Stromerzeugung im Jahr 2021 um 0,8 TWh bzw. 8,6 Prozent niedriger aus als im Vorjahr. Damit trugen erneuerbare Energien knapp die Hälfte (49 %) zur Stromerzeugung in Hessen bei. Im Jahr 2020 waren es noch 53 Prozent. Im ersten Halbjahr 2022 lag die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien auf Grund hoher Einspeisungen aus Windenergie- und Photovoltaikanlagen um 15 Prozent über dem Vorjahreswert. Daraus ergibt sich ein Anteil von 58 Prozent an der Bruttostromerzeugung. Im Vergleich zum Gesamtjahr 2021 liegt der Anteil im ersten Halbjahr 2022 um rund 9 Prozentpunkte höher. Rückläufig war der Einsatz sonstiger Energieträger (-0,6 TWh bzw. -36,6 %), worunter Mineralöle, nicht-biogene Abfälle und Pumpspeicherverwerke zusammengefasst werden. Deutlich zugenommen hat hingegen der Einsatz von Erdgas (+0,6 TWh bzw.

+12,4 %) und Kohle (+0,5 TWh bzw. 28,4 %) zur Stromerzeugung. Dies schlug sich auch in der Struktur der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern nieder. Erdgas steigerte seinen Anteilswert von 28 Prozent im Jahr 2020 auf 32 Prozent im Jahr 2021, bei Kohle nahm der Anteilswert von 10 auf 12 Prozent zu.

Seit dem Jahr 2000 sind massive Veränderungen bei der Zusammensetzung nach Energieträgern festzustellen. So

wurde die Stromerzeugung in Hessen vor allem durch das Kernkraftwerk Biblis bis zu dessen Abschaltung im Jahr 2011 geprägt. Seit 2016 bewegt sich die Stromproduktion in Hessen relativ stabil um den Wert von knapp 17 TWh, mit tendenziell steigenden Anteilen erneuerbarer Energien.

**Abbildung 14: Entwicklung der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern 2000 bis 1. Halbjahr 2022**  
(in TWh, Anteilswerte in %)



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

Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose, 1. HJ 2022 (s) = eigene Schätzung auf Basis HSL 2022e.

### 3.4 Energieeffizienz

#### Anmerkung zur Quantifizierung gesamtwirtschaftlicher Energieeffizienzgewinne

Die Steigerung der Energieeffizienz durch Energieeinsparungen und der Ausbau der erneuerbaren Energien bilden die zentralen Handlungsfelder der Energiewende in Hessen. Der Verbrauch fossiler Brennstoffe und damit die Emission von Treibhausgasen lässt sich auch durch einen geringeren Energieverbrauch unmittelbar reduzieren.

Eine Quantifizierung von gesamtwirtschaftlichen Energieeffizienzgewinnen ist jedoch nicht einfach. So wird der Energieverbrauch eines Landes im Wesentlichen durch das Zusammenspiel von Witterungseinflüssen, demografischen Veränderungen, der wirtschaftlichen Entwicklung sowie der gesamtwirtschaftlichen Energieeffizienz bestimmt. Witterungseinflüsse können durch Temperaturbereinungsverfahren weitgehend neutralisiert werden. Demografische Effekte lassen sich z. B. durch einen Pro-Kopf-Bezug näherungsweise quantifizieren. Problematischer erweist sich die Quantifizierung von makroökonomischen Effizienzgewinnen. Sie erfolgt i. d. R. dadurch, dass der Wert (gemessen am BIP) aller in einer Volkswirtschaft im Laufe eines Jahres erzeugten Güter und Dienstleistungen zum gesamtwirtschaftlichen Energieverbrauch (gemessen am Primär- oder Endenergieverbrauch eines Landes) in Beziehung gesetzt wird.

Je nach Betrachtungsweise kann dabei zwischen Energieproduktivität oder Energieintensität unterschieden werden. Dabei wirken sich Effizienzgewinne erhöhend auf die Energieproduktivität bzw. vermindern auf die Energieintensität aus.

Implizit wird bei der Interpretation der Energieproduktivität bzw. -intensität als Effizienzmaß angenommen, dass die Veränderung der Energieproduktivität bzw. -intensität ausschließlich auf Veränderungen der Energieeffizienz, z. B. durch den Ersatz alter durch neue, stromsparende Maschinen, zurückzuführen ist. In der realen Welt wird die Entwicklung der Energieproduktivität allerdings von weiteren Faktoren bestimmt, wie z. B. dem wirtschaftlichen Strukturwandel oder durch Verhaltensänderungen der Wirtschaftssubjekte. Weiterhin zu beachten ist, dass nach den Berechnungen zugrunde liegenden Quellenbilanz der Energieverbrauch für Exporte erfasst wird, nicht jedoch der Energieinput von energieintensiv im Ausland produzierten Gütern, die als Vorleistungen importiert und im Produktionsprozess veredelt werden (embodied energy in trade).<sup>4</sup> Dies sollte bei der Interpretation der gesamtwirtschaftlichen Effizienzindikatoren bedacht werden. Zu beachten ist zudem, dass die im Folgenden dargestellten Energieproduktivitäten und Energieintensitäten aktuell noch in erheblichem Maße durch die Folgen der Corona-Pandemie beeinflusst werden.

### Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen Primär- und Endenergieproduktivität

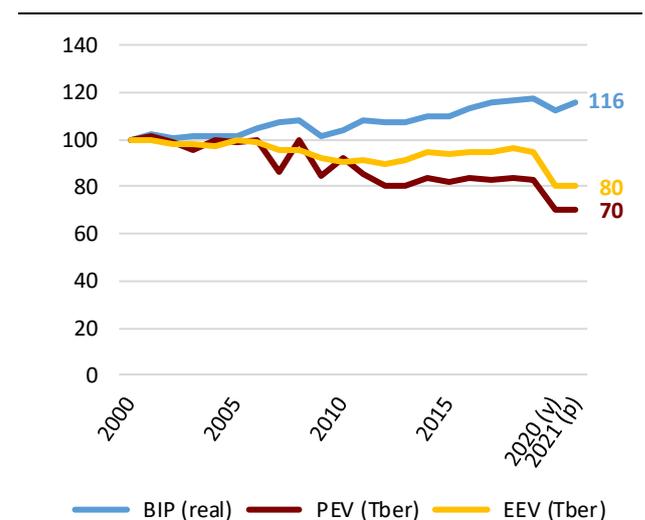
Abbildung 15 zeigt die langfristigen Entwicklungen des Primärenergieverbrauchs, des Endenergieverbrauchs und der hessischen Wirtschaftsleistung, gemessen am realen Bruttoinlandsprodukt. Dabei wurden die Größen PEV und EEV temperaturbereinigt, da ansonsten z. B. in einem besonders milden Winter ausschließlich witterungsbedingte rückläufige Energieverbräuche als Effizienzsteigerungen interpretiert werden könnten und umgekehrt bei kälterer Witterung Effizienzverluste konstatiert werden müssten. Um die Zeitreihen direkt miteinander vergleichen zu können, wurde eine Indexdarstellung mit dem Basisjahr 2000 gewählt.

Durch die Corona-Pandemie und den dadurch bedingten wirtschaftlichen Einbruch reduzierten sich der temperaturbereinigte EEV sowie der temperaturbereinigte PEV im Jahr 2020 massiv um 15,2 Prozent bzw. 14,4 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Damit war der gesamtwirtschaftliche Energieverbrauch deutlich stärker rückläufig als die gesamtwirtschaftliche Entwicklung, gemessen am realen Bruttoinlandsprodukt (BIP), das in Hessen im Jahr 2020 um 4,7 Prozent unter dem Vorjahresniveau lag. Auch im Jahr 2021 setzte sich der Rückgang sowohl des temperaturbereinigten PEV (-1,8 PJ bzw. -0,6 %) als auch des temperaturbereinigten EEV (-1,1 PJ bzw. -0,4 %) weiter fort. Demgegenüber konnte die Wirtschaftsleistung real wieder um 3,1 Prozent zunehmen, wobei das Vorkrisenniveau allerdings noch nicht wieder erreicht werden konnte.

Langfristig ist das hessische BIP von 2000 bis 2021 preisbereinigt um 15,7 Prozent gestiegen, was einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von 0,7 Prozent entspricht. Diesem Anstieg des realen BIP stehen Rück-

gänge des gesamtwirtschaftlichen Primärenergieverbrauchs in Höhe von 30 Prozent und des gesamtwirtschaftlichen Endenergieverbrauchs in Höhe von 20 Prozent gegenüber. Dabei vollzog sich der stärkste Rückgang zwischen 2005 und 2012, danach blieb die Entwicklung des temperaturbereinigten PEV bis 2019 annähernd konstant, der temperaturbereinigte EEV erhöhte sich sogar tendenziell wieder. Dies änderte sich mit Beginn der Corona-Pandemie im Jahr 2020.

**Abbildung 15: Entwicklung von Bruttoinlandsprodukt sowie temperaturbereinigtem Primär- und Endenergieverbrauch (Tber) 2000-2021**  
(Index 2000 = 100)



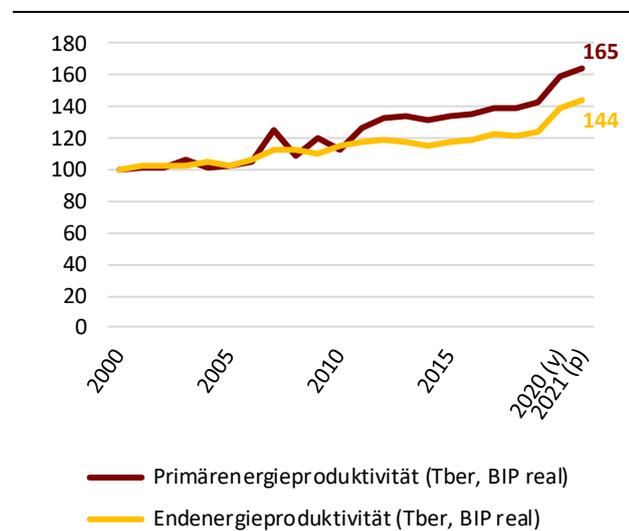
Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

4 Siehe hierzu z. B. Velasco-Fernández et al. 2020, Moreau & Vuille 2019, 2018.

Die gesamtwirtschaftliche Primär- und Endenergieproduktivität werden als Quotient aus realem Bruttoinlandsprodukt und temperaturbereinigtem Primär- bzw. Endenergieverbrauch gebildet. Die Entwicklung dieser Größen seit dem Jahr 2000 ist in Abbildung 16 dargestellt. Demnach haben sich die Endenergieproduktivität bis zum Jahr 2021, beschleunigt durch die Auswirkungen der Corona-Pandemie, um 44 Prozent und die Primärenergieproduktivität um 65 Prozent erhöht. Im Jahr 2019 vor der Corona-Pandemie lagen die entsprechenden Werte noch bei 24 bzw. 43 Prozent.

Aufgrund der massiven Auswirkungen der Corona-Pandemie fiel im Jahr 2020 der Anstieg der Endenergieproduktivität gegenüber dem Vorjahr mit 12,3 Prozent und der Primärenergieproduktivität mit 11,3 Prozent erwartungsgemäß deutlich höher als im langfristigen Mittel (+1,8 % bzw. +2,4 %) aus. Aber auch im Jahr 2021 setzte sich die gemessen am langjährigen Durchschnitt überdurchschnittliche Entwicklung bei beiden Energieproduktivitäten weiter fort. So stieg die Endenergieproduktivität um 3,5 Prozent und die Primärenergieproduktivität um 3,8 Prozent.

**Abbildung 16: Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen temperaturbereinigten Primär- und Endenergieproduktivität 2000-2021 (Index 2000 = 100)**



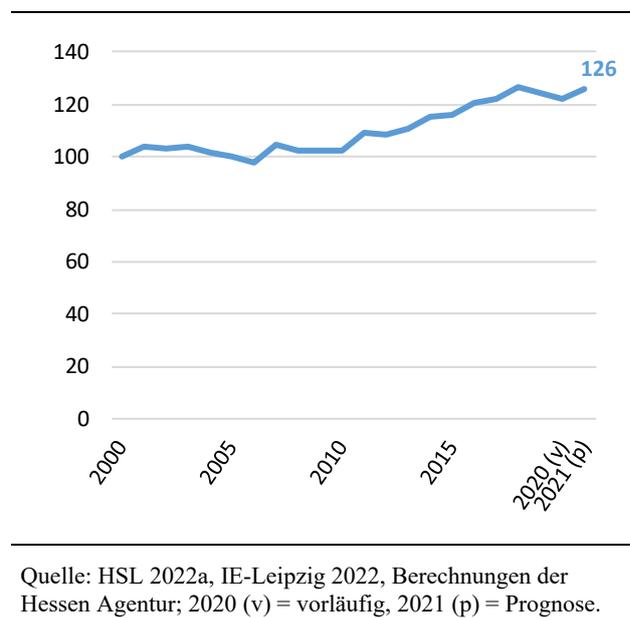
Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

### Stromproduktivität der Gesamtwirtschaft

Die gesamtwirtschaftliche Stromproduktivität wird als Quotient aus realem BIP und temperaturbereinigtem Bruttostromverbrauch errechnet (siehe Abbildung 17). Da im Jahr 2021 das gesamtwirtschaftliche reale Wirtschaftswachstum mit 3,1 Prozent deutlich stärker als der

temperaturbereinigte Bruttostromverbrauch (+0,1 %) gestiegen ist, erhöhte sich die gesamtwirtschaftliche Stromproduktivität um 3,0 Prozent. Damit konnte der corona-bedingte Rückgang im Jahr 2020 (-2,2 %) mehr als ausgeglichen werden; der Zuwachs fiel zudem deutlich höher aus als im langfristigen Durchschnitt. So hat sich die gesamtwirtschaftliche Stromproduktivität im Zeitraum von 2000 bis 2021 um insgesamt 26 Prozent bzw. durchschnittlich 1,1 Prozent jährlich erhöht.

**Abbildung 17: Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen temperaturbereinigten Stromproduktivität 2000-2021 (Index 2000 = 100)**



Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

### Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes

Die Indikatoren Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes werden als Quotienten aus Energieverbrauch und Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe bzw. Stromverbrauch und Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe berechnet. Sie geben an, wie viel Energie bzw. Strom aufgewendet werden muss, um eine Einheit wirtschaftliche Leistung zu erzeugen. Da Energie in der Industrie überwiegend im Produktionsprozess und nur zu geringen Teilen zu Heizzwecken eingesetzt wird, kann auf eine Temperaturbereinigung bei der Berechnung der Energie- und Stromintensität verzichtet werden.

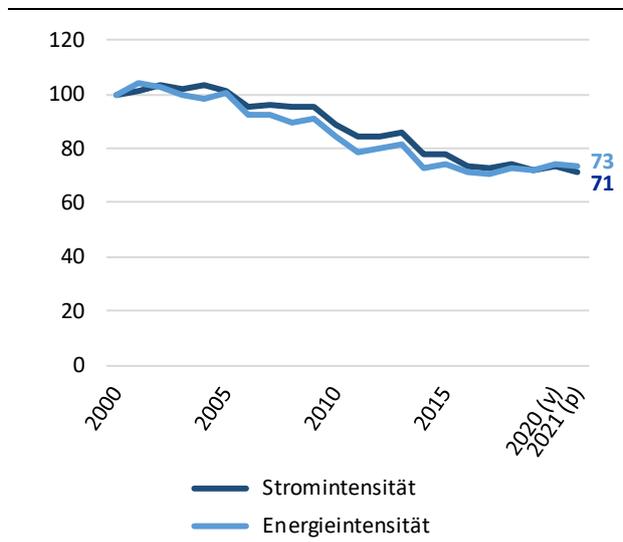
Nach Angaben der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen der Länder hat sich die reale Bruttowertschöpfung (BWS) des hessischen Verarbeitenden Gewerbes im Jahr 2021 um 4,7 Prozent gegenüber dem Vorjahr erhöht. Der Energieeinsatz des Verarbeitenden Gewerbes nahm etwas weniger stark um 3,2 Prozent zu, der Stromeinsatz

erhöhte sich um 2,2 Prozent. Im Jahr 2021 wurden zur Erzeugung von 1.000 Euro Bruttowertschöpfung 673 kWh Energie und davon 228 kWh Strom verbraucht. Da im Jahr 2020 der Energieverbrauch mit 683 kWh und der Stromverbrauch mit 233 kWh jeweils etwas höher lag, verringerte sich die Energieintensität im Jahr 2021 um 1,5 Prozent und die Stromintensität um 2,4 Prozent im Vergleich zum Vorjahr.

Abbildung 18 zeigt die langfristigen Entwicklungen von Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes in Hessen von 2000 bis 2021 als Indexreihen. Nachdem sich beide Zeitreihen zunächst zwischen 2000 und 2005 stabil um das Ausgangsniveau bewegen, setzt danach eine kontinuierliche und bis zum Jahr 2016 reichende Abwärtsbewegung ein. Seither bewegen sich beide Zeitreihen leicht schwankend seitwärts und lagen zuletzt rund 30 Prozent unter dem Niveau des Jahres 2000. Zur Herstellung einer (Markt-)Preiseinheit Güter wird im Produktionsprozess fast ein Drittel weniger Energie und Strom benötigt, als dies vor 21 Jahren noch der Fall war.

**Abbildung 18: Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes 2000-2021**

(Index 2000 = 100)



Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

Nach einzelnen Industriebranchen (Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden) differenzierte Angaben zur Energie- und Stromin-

tensität liegen aktuell für das Jahr 2019 vor.<sup>5</sup> In Abbildung 19 ist der branchenspezifische Energie- und Stromverbrauch je 1.000 Euro Bruttowertschöpfung absteigend nach der Höhe des Energieverbrauchs dargestellt. Prinzipiell ergibt sich bei Betrachtung der Stromintensitäten ein sehr ähnliches Bild wie bei der Energieintensität. Die Reihenfolge der Branchen ändert sich jedoch leicht. Zudem ist die Spannbreite zwischen den Branchen nicht so stark ausgeprägt.

Demnach weist die Herstellung von Holzwaren, Papier und Druckerzeugnissen mit 3.076 kWh Energie bzw. 738 kWh Strom je 1.000 Euro Bruttowertschöpfung den mit Abstand höchsten spezifischen Energie- und Stromverbrauch aller Industriebranchen auf. Mit einem Anteil von 3,2 Prozent an der gesamten industriellen Bruttowertschöpfung spielt diese Industriebranche in Hessen allerdings nur eine geringe Rolle.

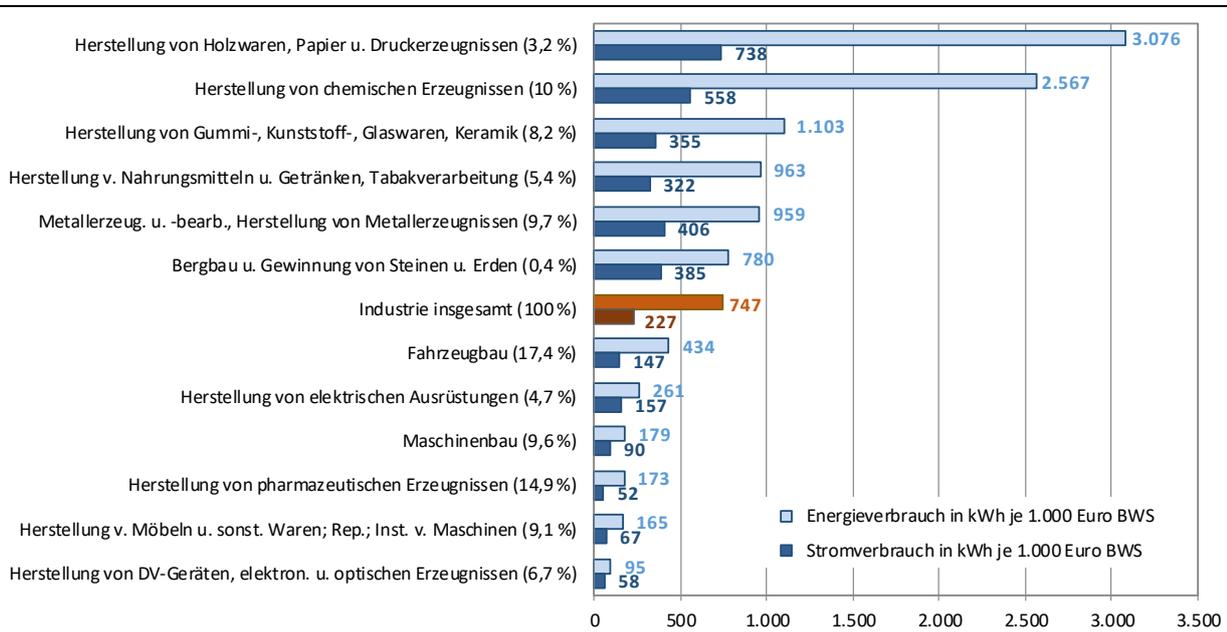
Es folgt die Chemische Industrie, die gemessen am Bruttowertschöpfungsanteil von 10,0 Prozent zu den bedeutendsten Industriebranchen in Hessen zählt. Der spezifische Energie- und Stromverbrauch der Chemischen Industrie von 2.567 kWh bzw. 558 kWh je 1.000 Euro BWS liegt deutlich über dem Industriedurchschnitt von 747 kWh Energie- und 227 kWh Stromverbrauch. Ebenfalls einen überdurchschnittlichen Energie- und Stromverbrauch sowie eine hohe Bedeutung für die hessische Industrie weisen die Branchen Herstellung von Gummi, Kunststoff, Glas und Keramik sowie Metallherzeugung und Metallbearbeitung auf.

Die Energie- und Stromintensitäten der beiden größten Industriebranchen Fahrzeugbau (17,4 %) und Herstellung pharmazeutischer Produkte (14,9 %), auf die zusammen fast ein Drittel der in Hessen erwirtschafteten BWS entfällt, liegen sowohl beim spezifischen Energie- als auch beim spezifischen Stromverbrauch deutlich unterhalb des Industriedurchschnitts.

Im Industriedurchschnitt hat sich der Energie- und Stromverbrauch – ausgehend von 763 kWh bzw. 237 kWh je 1.000 Euro BWS im Vorjahr – um 2,1 Prozent bzw. 4,2 Prozent verringert.

<sup>5</sup> Während Daten zur Bruttowertschöpfung für das Verarbeitende Gewerbe insgesamt bis zum Jahr 2021 vorliegen, reichen die Angaben zur Bruttowertschöpfung für einzelne Industriebranchen zum Redaktionsschluss (31.07.2022) nur bis zum Jahr 2019 (HSL 2022b). Zum sektoralen Energieverbrauch am Beispiel des Bergbaus und des Verarbeitenden Gewerbes siehe auch die Erläuterungen im Glossar.

**Abbildung 19: Energie- und Stromintensität nach Industriebranchen in Hessen 2019**  
(in kWh je 1.000 Euro BWS)



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

Quelle: HSL 2022d, HSL 2021, Berechnungen der Hessen Agentur.

# 4

## Erneuerbare Energien



## 4 Erneuerbare Energien

Der Angriffskrieg Russlands in der Ukraine hat sehr drastisch die hohe Abhängigkeit Deutschlands und Hessens von Lieferungen fossiler Rohstoffe aus Russland vor Augen geführt. Kurzfristig kann darauf nur mit der Beschaffung fossiler Energieträger von alternativen Lieferanten reagiert werden, einhergehend mit einem spürbaren Preisanstieg. Mittel- und langfristig kann der Energiebedarf zu großen Teilen im Inland durch den Ausbau erneuerbarer Energieanlagen gedeckt werden. Dabei dürfte die erneuerbare Stromerzeugung eine zentrale Rolle spielen. So können beispielsweise strombetriebene Wärmepumpen sehr effizient Wärme erzeugen. Aber auch im Verkehrssektor kann Strom in batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen zum einen direkt für Mobilitätszwecke genutzt werden. Zum anderen lassen sich durch strombasierte Elektrolyseverfahren synthetische Kraftstoffe herstellen, die mit den herkömmlichen Verbrennungsmotoren und -triebwerken z. B. im Schwerlast- und Schiffsverkehr sowie im internationalen Flugverkehr die traditionellen fossilen Brennstoffe vollständig ersetzen können. Zu dieser sektorübergreifenden Vernetzung, die

auch als Sektorkopplung bezeichnet wird, hat die LandesEnergieAgentur Hessen eine umfangreiche Metastudie herausgegeben (LEA 2022). Darin werden für die Verbrauchssektoren Gebäude, Industrie und Verkehr zunächst die jeweilige Ist-Situation sowie die dafür möglichen Sektorkopplungsoptionen aufgezeigt und die Energieeinsparpotenziale identifiziert. Im Anschluss werden speziell die für Hessen relevanten Aspekte der Sektorkopplung detailliert dargestellt und konkrete Transformationspfade entwickelt. Durch eine enge Kopplung von Stromanwendungen, Wärme und Mobilität können Schwankungen, die bei der Stromerzeugung durch die volatile Wind- und Sonnenenergie entstehen können, ausgeglichen und dadurch wiederum die Stromnetze entlastet werden (siehe Kapitel 7).

Für die Sektorkopplung wird auch grüner Wasserstoff eine zentrale Rolle spielen. Dazu wurde in der LandesEnergieAgentur Hessen aktuell die Landesstelle Wasserstoff eingerichtet (siehe den folgenden Kasten).

### Wasserstoff in Hessen

Die Energiewende bedeutet eine Zunahme des Anteils von elektrischem Strom am Endenergieverbrauch. Auch wenn die direkte Verwendung des erzeugten Stroms aus Effizienzgründen anzustreben ist, besteht aufgrund der Volatilität der Erneuerbaren Energien ein Ausgleichsbedarf zwischen Angebot und Nachfrage. Einen wichtigen Beitrag wird hierbei Wasserstoff als chemischer Energieträger spielen, da Wasserstoff sehr gut speicherbar ist. Zudem ergibt sich die Möglichkeit, in weiteren Bereichen wie der Mobilität und der Industrie, die für eine Direktelektrifizierung nur schwer zugänglich sind, Erneuerbare Energien zum Einsatz zu bringen (Sektorenkopplung). Der Umgang mit Wasserstoff ist erprobt und wird seit mehr als 100 Jahren großtechnisch praktiziert.

Vor diesem Hintergrund unterstützt das Land Hessen schon seit vielen Jahren die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Die Hessische Wasserstoffstrategie 2022 setzt den Rahmen für die Aktivitäten und den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft. Zur Unterstützung und Umsetzung der Aktivitäten wurde die Landesstelle Wasserstoff in der LandesEnergieAgentur Hessen eingerichtet. Sie verfolgt u. a. folgende Ziele:

- Unterstützung der hessischen Kompetenzträger, Kommunen, Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen
- Schnittstelle zu weiteren Schlüssel- und Zukunftstechnologien der Energiewende
- Vernetzung von Technologieanbietern und -anwendern
- Zentrale Ansprechpartnerin des Landes Hessen zum Thema Wasserstoff und Brennstoffzellen

### Vorhaben und Aktivitäten im Themenfeld Wasserstoff

Im ÖPNV wurde in Wiesbaden zum Jahreswechsel eine Flotte mit zehn Wasserstoffbussen in Betrieb genommen. In Frankfurt wurden im Sommer 13 Wasserstoffbusse – gefördert mit Landesmitteln, inkl. dem Aufbau einer zugehörigen Wasserstoffinfrastruktur – ausgeliefert. Zusätzlich wurde ein Förderbescheid für weitere zehn Busse durch den Bund erteilt. Neben Frankfurt erhielten dabei Groß-Gerau (15 Fahrzeuge) und Rodgau (6 Fahrzeuge) ebenfalls Förderbescheide. Im Bereich des Schienenverkehrs ist zum Fahrplanwechsel im Dezember 2022 der Betriebsstart von insgesamt 27 Nahverkehrszügen mit Wasserstoff-Brennstoffzellen-Antrieb für das Taunusnetz geplant. Diese werden die dann größte derartige Zugflotte weltweit bilden. Im Rahmen des Zugprojekts wurde zudem im Industriepark Frankfurt-Höchst die größte Elektrolyse-Anlage Hessens mit ca. 5 MW Leistung errichtet, die u.a. der Back-Up-Versorgung des Zugprojektes dient.



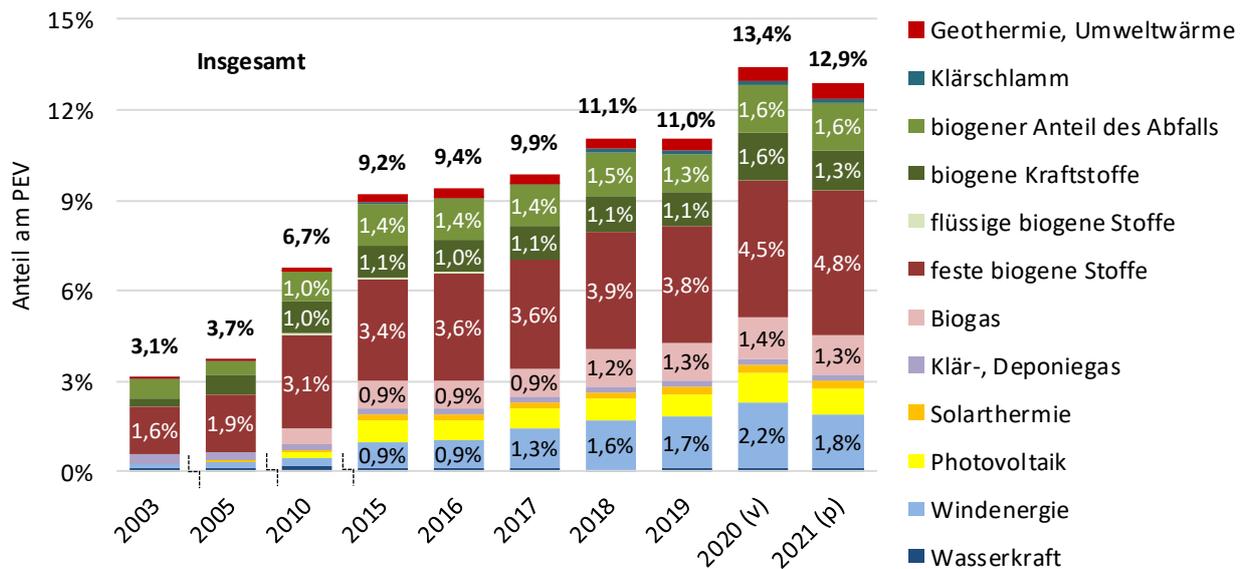
## 4.1 Bedeutung für den Primärenergieverbrauch

Im Jahr 2021 haben erneuerbar erzeugte Energien in Hessen insgesamt 27,4 TWh zum Primärenergieverbrauch (PEV) in Höhe von 212,5 TWh beigetragen. Dies entspricht einem Anteil erneuerbarer Energien am gesamten

PEV von 12,9 Prozent, 0,5 Prozentpunkte weniger als im Jahr zuvor (siehe Abbildung 20).

Unberücksichtigt blieben hierbei erneuerbare Energien, die in anderen Bundesländern z. B. zur Erzeugung von nach Hessen importiertem Strom eingesetzt wurden.

Abbildung 20: Anteile erneuerbarer Energieträger am Primärenergieverbrauch 2003\*-2021 (in %)



\* Die dargestellten Daten zu erneuerbaren Energien werden nach dem Energiestatistikgesetz vollständig erst ab dem Jahr 2003 erhoben.

Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

Der Rückgang des Anteilswerts ist auf eine niedrigere Stromerzeugung durch Windenergie (-2.656 GWh bzw. -16,3 %) sowie einen gesunkenen Absatz biogener Kraftstoffe (-1.550 GWh bzw. -13,5 %) zurückzuführen. Dabei ist die Abnahme der Windenergie auf im Vergleich zum Vorjahr deutlich schlechtere Windbedingungen und die der Biokraftstoffe auf die Anrechenbarkeit der stark ausgeweiteten Elektromobilität auf die Treibhausgas-minderungsquote zurückzuführen (siehe Glossar). Der witterungsbedingt im Jahr 2021 zu beobachtende starke Anstieg beim Verbrauch fester biogener Stoffe (3.315 GWh bzw. +9,9 %) konnte diese Rückgänge nicht kompensieren.

Bei den anderen erneuerbaren Energieträgern bewegen sich die absoluten Veränderungen gegenüber dem Vorjahr zwischen -136 und +419 GWh: Aufgrund einer geringeren Anzahl von Sonnenstunden fiel die Energieerzeugung von Photovoltaik (-136 GWh bzw. -2,0 %) und Solarthermie (-101 GWh bzw. -5,1 %) geringer aus als

im Vorjahr. Zudem verzeichnete Biogas einen Rückgang von 109 GWh (-1,1 %). Nahezu unverändert blieben flüssige biogene Stoffe, Klär- und Deponiegas, Klärschlamm sowie Wasserkraft. Zuwächse hatten Geothermie und Umweltwärme (+419 GWh bzw. +11,6 %) sowie der biogene Anteil des Abfalls (362 GWh bzw. +3,1 %).

Feste biogene Stoffe trugen im Jahr 2021 mit knapp 4,8 Prozent den mit Abstand größten Anteil aller erneuerbaren Energieträger zum PEV bei. Es folgen Windenergie mit 1,8 Prozent, der biogene Anteil des Abfalls (1,6 %), Biogas und biogene Kraftstoffe mit jeweils 1,3 %, Photovoltaik (0,9 %) sowie Geothermie und Umweltwärme (0,5 %). Mit einem Anteilswert von zusammen weniger als einem Prozent leisteten die Energieträger Wasserkraft, Solarthermie, Klär- und Deponiegas, flüssige biogene Stoffe und Klärschlamm nur einen relativ geringen Beitrag zum PEV in Hessen.

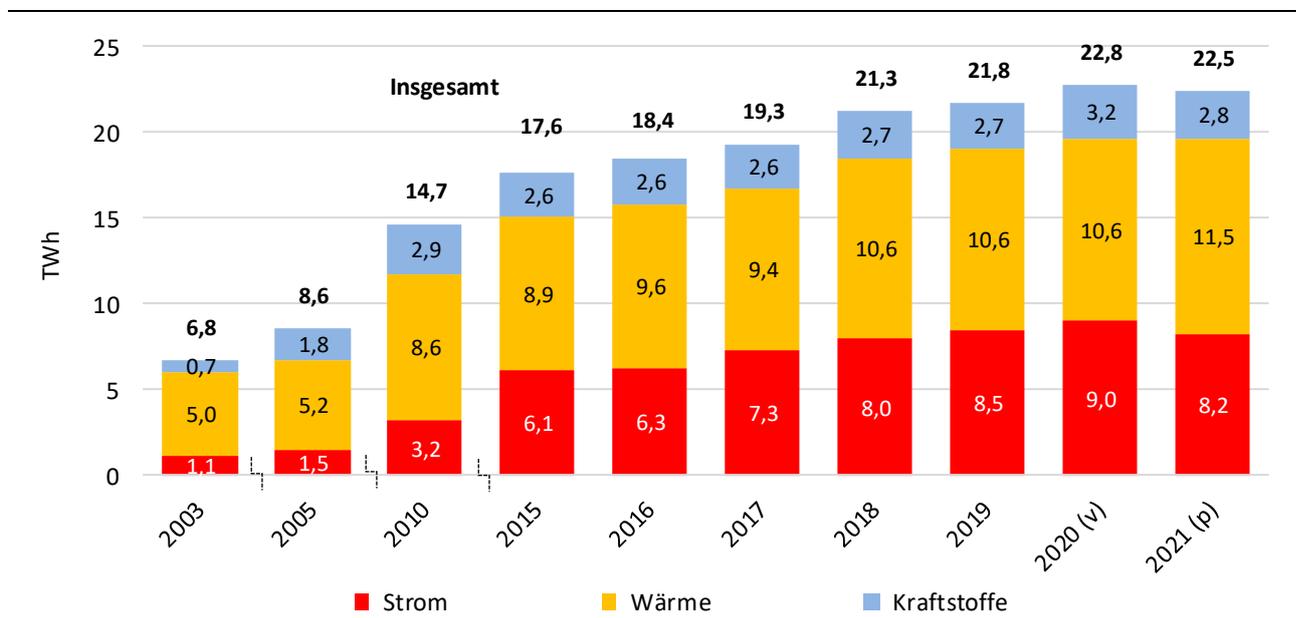
## 4.2 Bedeutung für den Endenergieverbrauch

Im Jahr 2021 haben erneuerbare Energien 22,5 Terawattstunden (TWh) zum Endenergieverbrauch (EEV) in Höhe von insgesamt 196,5 TWh beigetragen. Dies waren 0,4 TWh bzw. 1,6 Prozent weniger als im Vorjahr (siehe Abbildung 21). Ursächlich dafür sind die Rückgänge bei der erneuerbaren Stromerzeugung um 0,8 TWh (-8,6 %) von 9,0 auf 8,2 TWh und beim Verbrauch von Biokraftstoffen um 0,4 TWh (-13,5 %) von 3,2 auf 2,8 TWh.

Demgegenüber verlief die erneuerbare Wärmeherzeugung aufgrund der deutlich kühleren Witterung als im Vorjahr deutlich aufwärtsgerichtet (+0,9 TWh bzw. +8,0 %).

Anzumerken ist, dass es sich bei den 8,2 TWh erneuerbar erzeugtem Strom nur um die in der Statistik erfasste Strommenge handelt. Der von den Anlagenbetreibern selbst erzeugte und selbst verbrauchte Strom ist hierin nicht enthalten.

**Abbildung 21: Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe 2003\*-2021 (in TWh)**



\* Die dargestellten Daten zu erneuerbaren Energien werden nach dem Energiestatistikgesetz vollständig erst ab dem Jahr 2003 erhoben.

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

Abbildung 22 zeigt die langfristigen Entwicklungen des EEV aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe als Indexreihen ab dem Jahr 2003. Über den gesamten Zeitraum weist die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien den höchsten Zuwachs auf und hat sich bis 2020 gegenüber dem Ausgangsniveau im Jahr 2003 mehr als verachtfacht. Der ausgeprägte Rückgang im Jahr 2021 auf einen Indexwert von 808 ist das Ergebnis witterungsbedingt deutlich niedrigerer Erträge insbesondere von Windenergieanlagen, aber auch von PV-Anlagen.

Die Wärmeherzeugung aus erneuerbaren Energien hat sich zwischen 2003 und 2021 mehr als verdoppelt. Dabei erhöhte sie sich von 2003 bis zum Jahr 2008 kaum, stieg dann bis zum Jahr 2010 relativ stark an und ist seither mit einer insgesamt geringen Dynamik tendenziell zunehmend. Witterungsbedingt stieg der Indexwert von 214 im Jahr 2020 auf 231 im Jahr 2021 an.

Zum Kraftstoffverbrauch aus erneuerbaren Energien zählen neben Biodiesel die Anteile an Biokraftstoffen, die Benzin in Form von Bioethanol, einem aus Pflanzen gewonnenen Ethanol-Alkohol, beigemischt werden.<sup>6</sup>

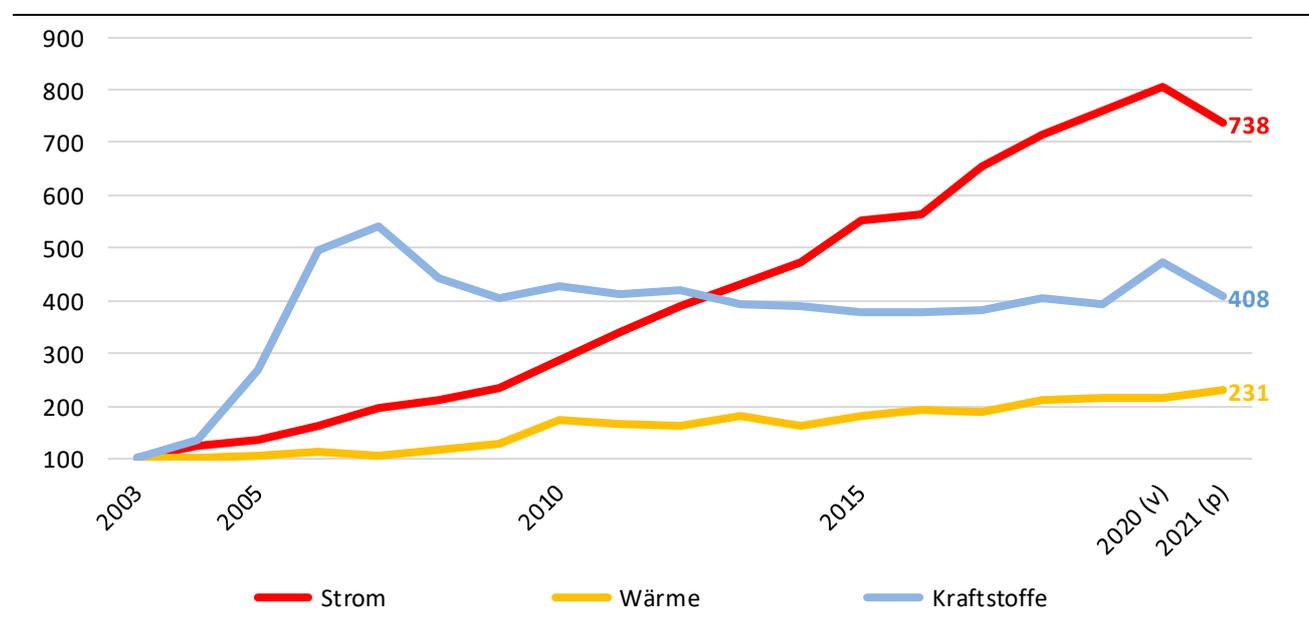
<sup>6</sup> Erneuerbar erzeugter Strom, der für Elektromobilität im Verkehr genutzt wird, ist nicht enthalten.

Der starke Anstieg des Biokraftstoffverbrauchs von 2003 bis 2007 auf einen Indexwert von 540 ging einher mit Steuerbefreiungen, die damals für Biodiesel gewährt wurden. Mit der Rücknahme dieser Befreiung im Jahr 2007 fiel der Biokraftstoffverbrauch bis zum Jahr 2009 auf einen Indexwert von etwa 400 zurück und bewegte sich bis zum Jahr 2019 mit geringen Schwankungen auf diesem Niveau.

Durch die Anhebung der Treibhausgasminderungsquote von vier auf sechs Prozent im Jahr 2020 erhöhte sich die Beimischung von Biotreibstoffen deutlich, was sich wiederum in einem Anstieg der Biokraftstoffe um rund 80

Indexpunkte auf einen Wert von 472 widerspiegelt. Aktuell ist allerdings wieder ein Rückgang auf einen Indexwert von 408 für das Jahr 2021 zu beobachten. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass weniger Biodiesel beigemischt werden musste, da die Treibhausgasminderungsquote z. B. auch durch Anrechnung von grünem Wasserstoff oder Strom für Elektrofahrzeuge erfüllt werden kann. Um den Aufbau der Ladeinfrastruktur für elektrisch betriebene Fahrzeuge zu unterstützen, wird der Strom, der in Elektrofahrzeugen genutzt wird, mit dem Dreifachen seines Energiegehaltes für die Erfüllung der Treibhausgasminderungsquote angerechnet (Umweltbundesamt 2022).

**Abbildung 22: Entwicklung des EEV von Strom, Wärme und Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien 2003\*-2021 (Index 2003 = 100)**



\* Die dargestellten Daten zu erneuerbaren Energien werden nach dem Energiestatistikgesetz vollständig erst ab dem Jahr 2003 erhoben.

Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

### Stromsektor

Im Jahr 2021 wurden in Hessen 8,2 TWh (8.238 GWh) erneuerbarer Strom erzeugt. Dies sind 0,8 TWh (778 GWh) bzw. 8,6 Prozent weniger als ein Jahr zuvor (siehe Abbildung 23). Maßgeblich ist dieser Rückgang auf die ungünstigen Windbedingungen insbesondere in der ersten Jahreshälfte 2021 zurückzuführen. So wurden von den 1.160 hessischen Windenergieanlagen 3,8 TWh (3.804 GWh) Strom erzeugt, 712 GWh bzw. 15,8 Prozent weniger als im bisherigen Rekordjahr 2020 (siehe auch Kapitel 6.1).

Auf diesen witterungsbedingt sehr stark ausgeprägten Einbruch bei der Windenergie ist fast der gesamte Rückgang der erneuerbaren Stromerzeugung in Höhe von -778 GWh gegenüber dem Vorjahr zurückzuführen. Der Anteil der Windenergie an der gesamten erneuerbaren Stromerzeugung ging dadurch von 50 Prozent im Jahr 2020 auf 46 Prozent im Jahr 2021 zurück. Im ersten Halbjahr 2022 lag die Stromeinspeisung aus Windenergieanlagen rund 420 GWh bzw. 22 Prozent über dem Vergleichszeitraum 2021. Im ersten Halbjahr 2022 wird damit ein Anteil von 58 Prozent aus erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung in Hessen erreicht.

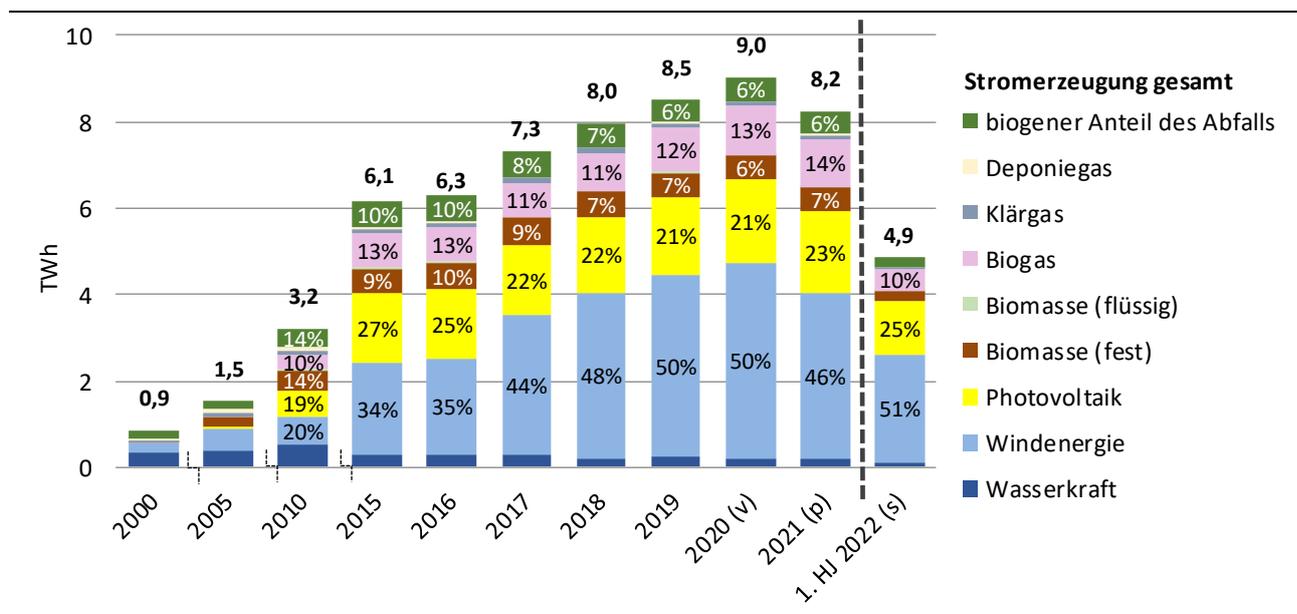
Photovoltaikanlagen haben im Jahr 2021 knapp 1,9 TWh (1.886 GWh) zur Stromerzeugung in Hessen beigetragen. Dies ist insbesondere aufgrund einer geringeren Anzahl von Sonnenstunden ebenfalls ein leichter Rückgang (-38 GWh bzw. -2,0 %) gegenüber dem Vorjahr.<sup>7</sup> Dennoch erhöhte sich der Anteilswert von Photovoltaik an der erneuerbaren Stromerzeugung von 21 Prozent im Jahr 2020 auf 23 Prozent im Jahr 2021. Zusammen mit dem weiteren Anlagenzubau erhöht sich der Anteil im Jahr 2022 voraussichtlich deutlich. Im ersten Halbjahr 2022 wurden 189 GWh bzw. 18 Prozent mehr als im Vorjahreszeitraum eingespeist.

Darüber hinaus wurden im Jahr 2021 mit Biogas 1.117 GWh, mit fester Biomasse 570 GWh und mit dem biogenen Anteil des Abfalls 525 GWh erneuerbarer

Strom erzeugt, was Anteilswerten von 14 Prozent, 7 Prozent und 6 Prozent entspricht. Während der Einsatz fester Biomasse (+3 GWh bzw. +0,5 %) leicht anstieg, wurden 18 GWh (-3,3 %) weniger biogene Abfälle und 12 GWh (-1,1 %) weniger Biogas zur Stromerzeugung eingesetzt.

Auf die verbleibenden Energieträger entfallen zusammen nur rund 4 Prozent der erneuerbaren Stromerzeugung, davon auf Wasserkraft 2,6 Prozent, auf Klärgas 1,0 Prozent, auf Deponiegas 0,3 Prozent und auf flüssige Biomasse 0,1 Prozent. Dabei stieg nur der Einsatz von Deponiegas im Vergleich zum Vorjahr leicht um 1,5 GWh (+5,8 %) an. Alle anderen Energieträger entwickelten sich rückläufig: Wasserkraft -1,5 GWh bzw. -0,7 Prozent, Klärgas -1,1 GWh bzw. -1,3 Prozent und Biomasse (flüssig) -0,6 GWh bzw. -4,6 Prozent.

**Abbildung 23: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2000 – 1. HJ 2022**  
(in TWh, Anteilswerte in %)



Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose,  
1. HJ 2022 (s) = eigene Schätzung auf Basis HSL 2022e.

Wird die im Jahr 2021 in Hessen erzeugte und eingespeiste erneuerbare Strommenge von 8,2 TWh auf den Bruttostromverbrauch in Höhe von 36,6 TWh bezogen, konnten 22,5 Prozent des gesamten hessischen Stromverbrauchs erneuerbar gedeckt werden. Mit Hinzunahme der selbst verbrauchten Strommenge der PV-Anlagenbetreiber wird ein Anteilswert von 23,1 Prozent erreicht (siehe Abbildung 24).

Unberücksichtigt bleiben bei dieser Anteilsbetrachtung die erneuerbar erzeugten Stromimporte aus anderen Bundesländern. Gegenüber dem Vorjahr – 2020 wurde ein Wert von 24,8 Prozent erreicht – ist der Anteilswert spürbar gesunken. Dies ist vor allem auf eine witterungsbedingt deutlich gesunkene Stromerzeugung durch Windenergieanlagen zurückzuführen. Ebenfalls dämpfend

<sup>7</sup> Nach Angaben des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW 2021a) erzielte Photovoltaik im Jahr 2021 im Bundesdurchschnitt 910 Volllaststunden gegenüber 980 Volllaststunden im Jahr 2020.

wirkte aber auch der infolge der wirtschaftlichen Erholung höhere Stromverbrauch (+0,7 %), insbesondere in den Sektoren Industrie und Dienstleistungen (GHD).

Seit dem Jahr 2018 schätzt das IE-Leipzig auch die von PV-Anlagenbetreibern selbst erzeugte und selbst verbrauchte Strommenge (Selbstverbrauch), die weder von den Netzbetreibern noch von der Bundesnetzagentur erfasst wird. Der Selbstverbrauch lässt sich in drei Kategorien unterteilen (ZSW 2018b):

- i) geförderter Selbstverbrauch im Geltungsbereich des EEG 2009 bis EEG 2012 alte Fassung (sogenannter Eigenverbrauchsbonus),
- ii) nicht geförderter Selbstverbrauch nach dem EEG 2012 neue Fassung und
- iii) EEG-umlagepflichtiger Selbstverbrauch ab dem EEG 2014.

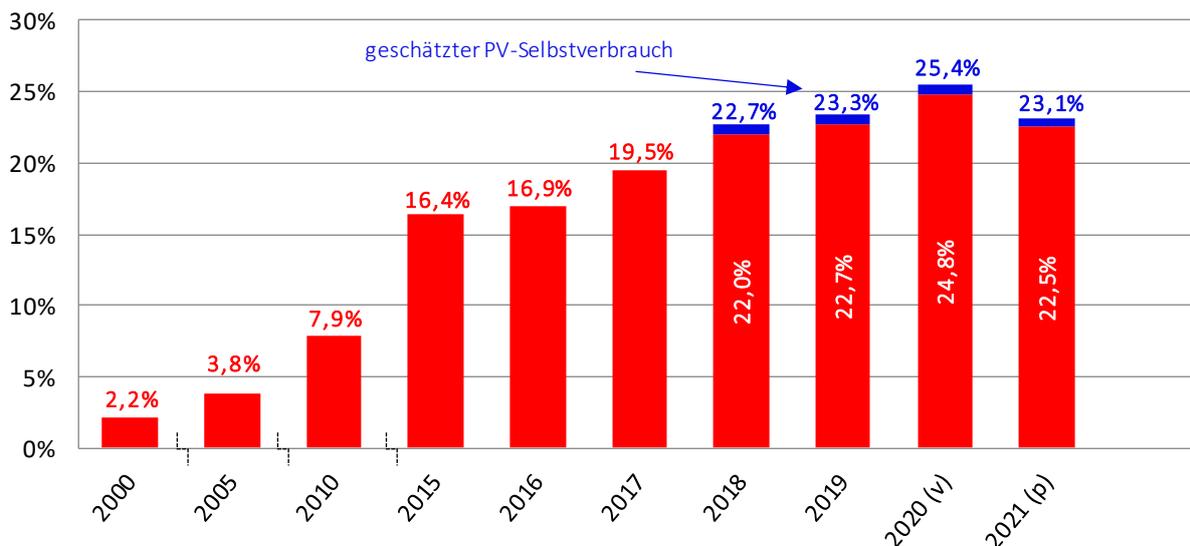
Selbst verbrauchte Strommengen, die unter die Regelung des geförderten Selbstverbrauchs und des umlagepflichtigen Selbstverbrauchs fallen (PV-Anlagen über 10 kW), werden in den EEG-Bewegungsdaten erfasst und können anlagenscharf betrachtet werden. In der von der amtlichen Statistik ausgewiesenen PV-Strommenge ist der von den Netzbetreibern erfasste Selbstverbrauch enthalten. Um den nicht geförderten Selbstverbrauch annähernd abschätzen zu können, haben das ZSW und der

BDEW gemeinsam eine Methode für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat 2016) entwickelt. Demnach wird für PV-Anlagen, die zwischen April 2012 und Dezember 2012 in Betrieb genommen wurden, eine Selbstverbrauchsquote von durchschnittlich 20 Prozent und für ab dem Jahr 2013 in Betrieb genommene Anlagen eine Selbstverbrauchsquote von durchschnittlich 30 Prozent angesetzt (vgl. dazu auch die Erläuterungen in IE-Leipzig 2022).

Für das Jahr 2021 beziffert sich diese selbstverbrauchte Strommenge auf 241 GWh und entspricht etwa 0,6 Prozent des hessischen Bruttostromverbrauchs. Unter Berücksichtigung dieses nicht erfassten Selbstverbrauchs erhöht sich der Anteilswert erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch auf 23,1 Prozent.

Für das Jahr 2020 errechnet sich aus den vorläufigen Angaben zum Bruttostromverbrauch, zur erfassten erneuerbaren Stromerzeugung und unter Hinzuschätzung des nicht-erfassten PV-Selbstverbrauchs ein entsprechender Anteilswert von 25,4 Prozent. Begünstigt wurde dieser bisherige Höchstwert durch sehr gute Windbedingungen insbesondere in der ersten Jahreshälfte und eine coronabedingte Abnahme des Stromverbrauchs in Industrie und Dienstleistungen (GHD).

**Abbildung 24: Anteilentwicklung hessischer erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch 2000-2021\***  
(in %)



\* Seit 2018 wird der Wert einschließlich des zugeschätzten PV-Selbstverbrauchs ausgewiesen.

Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

## Wärmesektor

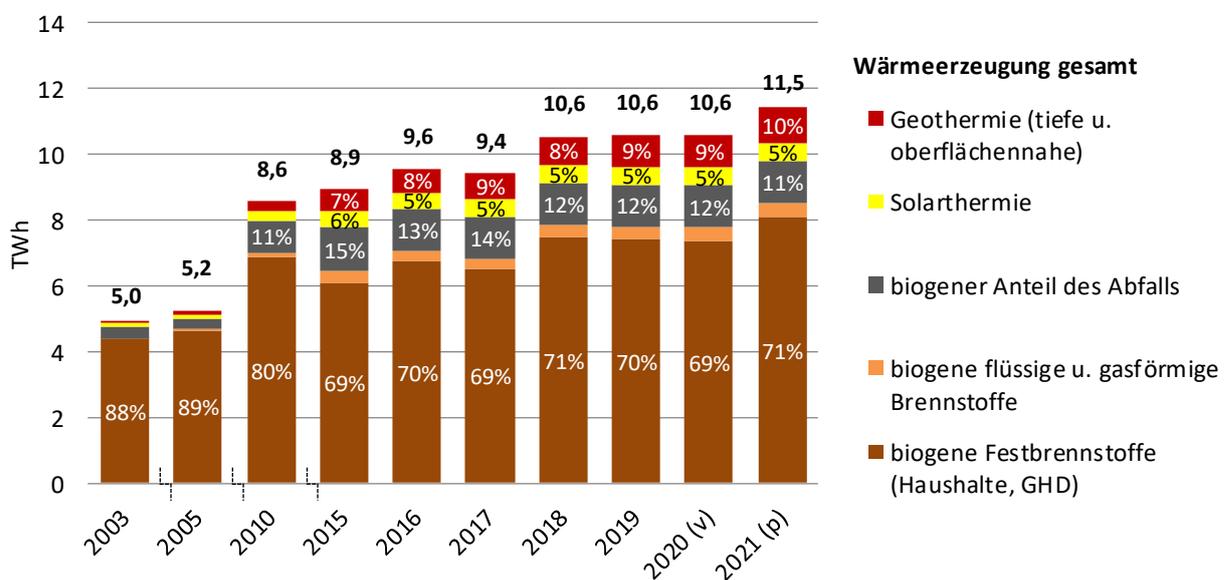
Zur Wärmeerzeugung in Hessen haben erneuerbare Energieträger im Jahr 2021 zusammen 11,5 TWh beigetragen (siehe Abbildung 25). Aufgrund der deutlich kühleren Witterung hat die erneuerbare Wärmeerzeugung im Vergleich zum Vorjahr spürbar um 852 GWh (+8,0 %) zugenommen. Differenziert nach Energieträgern ist diese Zunahme auf oberflächennahe Geothermie (+116 GWh bzw. +11,6 %) und insbesondere auf biogene Feststoffe (+730 GWh bzw. +9,9 %) zurückzuführen.

Demgegenüber fielen die Veränderungen der anderen Energieträger gegenüber dem Vorjahr vergleichsweise gering aus: biogener Anteil des Abfalls +39 GWh bzw. +3,1 Prozent, biogene flüssige und gasförmige Brennstoffe -6 GWh bzw. -1,3 Prozent sowie Solarthermie -28 GWh bzw. -5,1 Prozent.

Die Zusammensetzung der erneuerbaren Energieträger wird zu gut zwei Drittel (71 %) durch biogene Festbrennstoffe geprägt, worunter z. B. Scheitholz, Pellets, Holzhackschnitzel, aber auch Stroh zusammengefasst werden. Es folgen der biogene Anteil des Abfalls mit 11 Prozent, die Nutzung von Umweltwärme und dabei insbesondere der oberflächennahen Geothermie mit 10 Prozent, die Nutzung von Solarthermie mit 5 Prozent sowie die Nutzung von flüssigen und gasförmigen biogenen Brennstoffen mit zusammen 4 Prozent.

In längerfristiger Betrachtung hat sich die erneuerbare Wärmeerzeugung zwischen 2003 und 2010 von 5 GWh auf fast 9 GWh deutlich erhöht. Seit 2010 zeichnet sich unter witterungsbedingten Schwankungen eine leichte Aufwärtsentwicklung ab, die vor allem mit einem Mehrverbrauch von Festbrennstoffen und einem kontinuierlichen Anstieg der Geothermie durch den zunehmenden Einsatz von Luftwärmepumpen einhergeht. Von 2018 bis 2020 stagnierte die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien auf dem Niveau von 10,6 TWh.

**Abbildung 25: Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2003-2021**  
(in TWh, Anteilswerte in %)



Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

## Verkehrssektor

Im Verkehrssektor werden die Biokraftstoffe als Reinkraftstoffe und als Beimischungen zu fossilen Kraftstoffen eingesetzt. Der Verbrauch erneuerbarer Kraftstoffe beziffert sich im Jahr 2021 in Hessen auf 2,8 TWh und fällt damit deutlich niedriger (-431 GWh bzw. -13,5%)

als im bisherigen Rekordjahr 2020 aus (siehe Abbildung 26).

Dieser deutliche Rückgang ist ausschließlich auf Biodiesel zurückzuführen, dessen Verbrauch um 457 GWh bzw. 17,4 Prozent gegenüber dem Vorjahr zurückging. Ursächlich hierfür sind im Wesentlichen Quotenübertra-

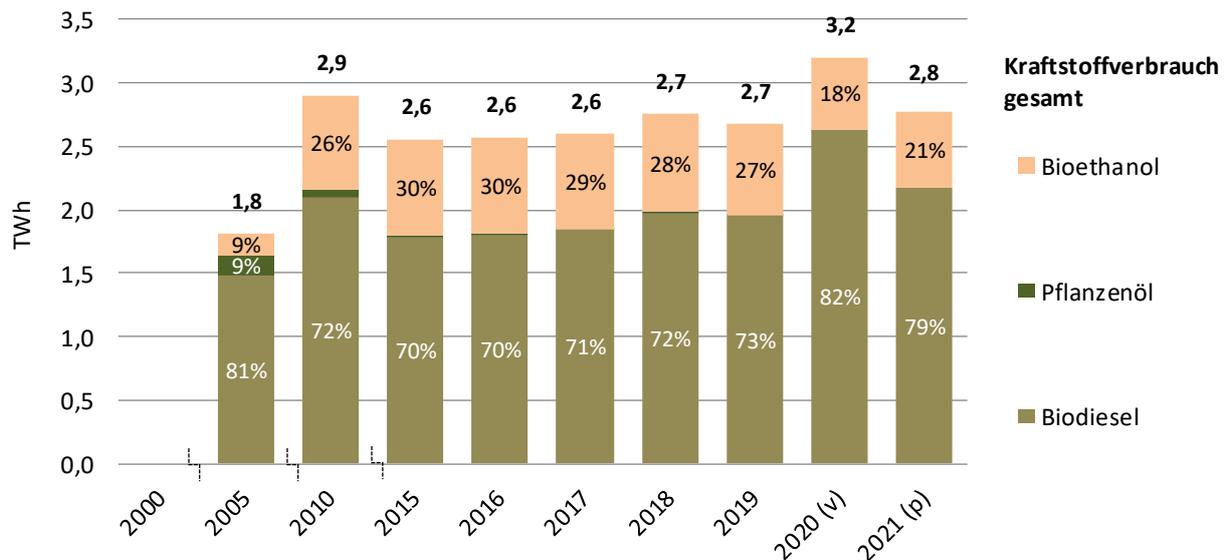
gungsregelungen, wodurch neben dem Einsatz von Biokraftstoffen auch grüner Wasserstoff oder Strom für Elektrofahrzeuge angerechnet werden können. Um beispielsweise den Aufbau der Ladeinfrastruktur für elektrisch betriebene Fahrzeuge zu unterstützen, wird dabei der Strom, der in Elektrofahrzeugen genutzt wird, mit dem Dreifachen seines Energiegehaltes für die Erfüllung der Treibhausgasminderungsquote angerechnet (Umweltbundesamt 2022). Anders als bei Biodiesel hat sich der Einsatz von Bioethanol leicht (+26 GWh bzw. +4,6 %) erhöht.

Der Einsatz von Pflanzenöl als Kraftstoff hat mit der schrittweisen Aufhebung der Steuerbefreiung ab dem Jahr 2007 spürbar an Bedeutung verloren und wird seit dem Jahr 2017 in der amtlichen Mineralölstatistik des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) nicht mehr als Kraftstoff ausgewiesen.

Dies zusammen wirkte sich auch auf die Struktur der erneuerbaren Kraftstoffe aus: Der Anteil von Biodiesel sank von 82 auf 79 Prozent und entsprechend stieg der Anteil von Bioethanol von 18 auf 21 Prozent.

Neben Biokraftstoffen wird in Hessen auch Strom für Mobilitätszwecke im Verkehrssektor eingesetzt, der zunehmend erneuerbar erzeugt wird. Insgesamt wurden im Verkehrssektor im Jahr 2021 rund 1,2 TWh Strom für die Mobilitätszwecke verbraucht, 1,1 TWh für Schienenfahrzeuge und 0,1 TWh im Straßenverkehr (siehe Kapitel 8.1). Zum Stromverbrauch speziell aus erneuerbaren Energien, aber auch zur Nutzung von grünem Wasserstoff im Verkehrssektor liegen für Bundesländer bisher jedoch keine Daten vor.

Abbildung 26: Kraftstoffverbrauch aus erneuerbaren Energien 2000-2021 (in TWh)



Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

## Kommunale Solarkampagne

Die MitMachMaßnahme „Kommunale Solarkampagne“ unterstützt hessische Kommunen in ihrem Engagement für den Ausbau der Solarenergie und ermöglicht es den Städten, Gemeinden und Landkreisen, eine erfolgreiche und kostengünstige Solarkampagne mit lokalem Bezug durchzuführen. Das Angebot des Landes Hessens richtet sich vorrangig an Mitglieder der Klima-Kommunen, kann aber auch von anderen hessischen Kommunen genutzt werden.

Die Teilnehmenden erhalten kostenfrei vorgefertigte Kampagnen-Materialien, die sie dann individualisiert nutzen können. Zu den vorbereiteten Bausteinen gehören digitale Vorlagen für Postkarten, Flyer und Plakate, Textbausteine für Pressemitteilungen und Informationsschreiben, digitale Inhalte für eine Social-Media-Kampagne, ein digitaler Foto-Pool sowie ein Veranstaltungs- und Wettbewerbskonzept. Ein Kampagnenleitfaden unterstützt bei der Nutzung dieser Materialien und verweist auf weitere Informationen.

Ziel ist es, Bürgerinnen und Bürger über das Thema Solarenergie zu informieren, ihr Interesse für das Klimaschutzpotenzial des eigenen Dachs zu wecken und sie zur Nutzung von Solarenergie zu motivieren. Die Kampagne adressiert insbesondere Besitzerinnen und Besitzer von Ein- und Zweifamilienhäusern und nutzt auch das Hessische Solar-Kataster. Das Kataster stellt ein fundiertes Informationstool für Bürgerinnen und Bürger dar und zeigt, dass Dachflächen in Hessen großes Potenzial für Solarenergie bieten.

Um auf dieses Potenzial aufmerksam zu machen, haben bisher bereits 65 hessische Kommunen Materialien für die Solarkampagne bestellt. In 20 Kommunen werden unterschiedliche Bausteine schon aktiv genutzt, so zum Beispiel in Hofheim. Interessierte Städte, Gemeinden und Landkreise können die Materialien weiterhin unter <https://www.klima-kommunen-hessen.de/solarkampagne-formular.html> bestellen.



Aktuelle Umsetzung der Solarkampagne in Hofheim am Taunus

# 5

## Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch



## 5 Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch

Der Energieverbrauch zur Bereitstellung von Wärme in Hessen beziffert sich nach Schätzungen des IE-Leipzig für das Jahr 2021 auf insgesamt 296 Petajoule (PJ). Das sind 7,3 PJ bzw. 2,5 Prozent mehr als im Jahr 2020, wobei der Mehrverbrauch vor allem auf die kühlere Witterung im Jahr 2021 zurückzuführen sein dürfte. Bezogen auf den gesamten EEV in Höhe von 707 PJ wurden in Hessen im Jahr 2021 insgesamt 41,9 Prozent zur Bereitstellung von Wärme verbraucht. Dieser hohe Anteilswert verdeutlicht, welche Einsparpotenziale an Energie und damit auch an Treibhausgasemissionen durch Gebäudesanierungsmaßnahmen und insbesondere den Ersatz fossiler durch erneuerbare Heizungstechnologien genutzt werden können.

### 5.1 Endenergieverbrauch für Wärme

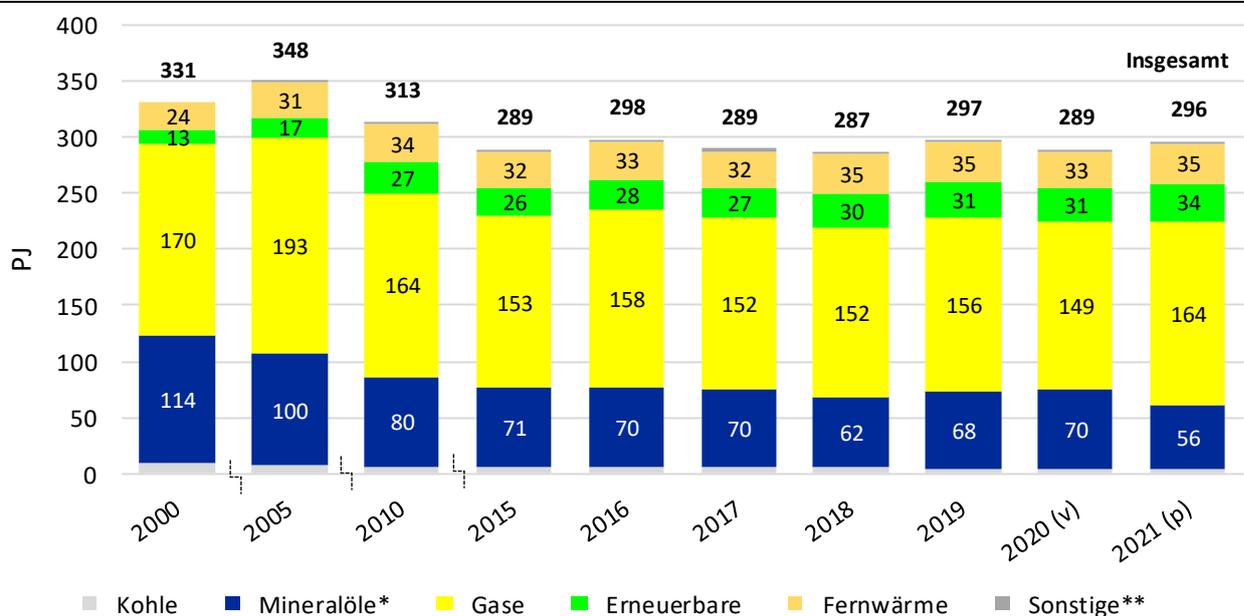
Differenziert nach Energieträgern ist die Zunahme des EEV für Wärme im Jahr 2021 insbesondere bei Gasen (+15,2 PJ bzw. +10,2 %), aber auch bei erneuerbaren Energien (+3,6 PJ bzw. +11,6 %) und Fernwärme (+2,6 PJ bzw. +8,1 %) feststellbar (siehe Abbildung 27).

Diese Verbrauchszunahmen stehen dabei in direktem Zusammenhang mit der kühleren Witterung im Jahr 2021.

Im Gegensatz dazu ist der Mineralölverbrauch zur Wärmeerzeugung deutlich um 14,3 PJ bzw. 20,3 Prozent gesunken. Dies dürfte zum Teil darauf zurückzuführen sein, dass Ölheizungen zunehmend durch umweltfreundlichere Heizsysteme ersetzt werden. Vor allem aber dürften Vorratskäufe, die wegen sehr niedriger Heizölpreise im Jahr 2020 getätigt wurden, ursächlich dafür sein (siehe dazu Kapitel 10.1). Statistisch werden nur die Verkaufsmengen unabhängig vom Zeitpunkt des Verbrauchs erfasst.

In sehr geringem Maße kamen zudem noch Kohle und sonstige Energieträger zur Wärmeerzeugung zum Einsatz. Bei beiden ist eine leichte Zunahme von 0,1 PJ feststellbar. Um Doppelzählungen zu vermeiden, werden erneuerbare Energien wie auch andere Energieträger, die zur Erzeugung von Fernwärme genutzt werden, in der Kategorie Fernwärme und nicht bei den erneuerbaren bzw. anderen Energieträgern berücksichtigt.

Abbildung 27: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme 2000-2021 (in PJ)



\* einschl. Flüssiggas

\*\* sonstige hergestellte Gase, fossile Abfälle usw.

Quelle: Gesamtmenge von HSL 2022a, Aufteilung nach Energieträgern durch IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

In längerfristiger Betrachtung seit dem Jahr 2000 ist der deutlich abnehmende EEV für Wärme zwischen 2005 und 2011 vor allem auf Rückgänge bei Gasen und Mineralölen zurückzuführen. Seitdem bewegt sich der EEV für Wärme mit witterungsbedingten Schwankungen zwischen 287 und 300 PJ. Dabei ist die Zusammensetzung der Energieträger relativ stabil geblieben. Zuletzt entfiel gut die Hälfte des EEV für Wärme auf Gase (55 %), knapp ein Fünftel auf Mineralöle (19 %). Der Rest verteilt sich wie folgt: Fernwärme 12 Prozent, erneuerbare Energien 12 Prozent, Kohle 2 Prozent und sonstige Energieträger 1 Prozent.

## 5.2 Gebäuderelevanter Energieverbrauch

Der gebäuderelevante EEV setzt sich aus den Nutzungsarten Raumwärme, Warmwasserbereitung, Raumkühlung und Beleuchtung für die Sektoren Haushalte, GHD und Industrie zusammen.<sup>8</sup> Für den Verkehrssektor werden in relativ geringem Umfang auch Energieverbräuche für Raumwärme und -kühlung sowie für Beleuchtung ausgewiesen. Da diese allerdings z. B. durch die Beheizung bzw. Kühlung der Fahrgastzellen und die Innen- und Außenbeleuchtung der Fahrzeuge entstehen, sind sie nicht gebäuderelevant.<sup>9</sup>

Nach Berechnungen des IE-Leipzig beträgt der Energieverbrauch in Hessen für die Nutzung von Gebäuden im Jahr 2021 insgesamt 253,7 PJ.<sup>10</sup> Dies entspricht 35,9 Prozent des gesamten EEV (siehe Tabelle 1). Dabei entfällt der größte Teil des gebäuderelevanten EEV mit 195,2 PJ auf die Bereitstellung von Raumwärme, was 27,6 Prozent des gesamten EEV entspricht. Es folgen Warmwasserbereitung und Beleuchtung mit Anteilswerten von 5,0 bzw. 2,9 Prozent. Mit einem Anteil von 0,3 Prozent hat Raumkühlung nur eine geringe Bedeutung am gesamten EEV.

Differenziert nach Verbrauchssektoren verwenden die privaten Haushalte 159,9 PJ bzw. 86,3 Prozent ihres gesamten EEV für die Nutzung von Gebäuden, im Wesentlichen für Raumwärme (127,6 PJ bzw. 68,9 %) und Warmwasserbereitung (29,1 PJ bzw. 15,7 %).

Im Sektor GHD entfallen über zwei Drittel (84,0 PJ bzw. 67,2 %) des EEV auf die Gebäudenutzung. Die meiste Energie wird auch hier für Heizzwecke (48,5 %) verwendet, mit 12,9 Prozent entfällt jedoch auch ein signifikanter Anteil auf die Beleuchtung der Gebäude. In der Industrie spielt der gebäuderelevante EEV mit 9,2 Prozent am gesamten EEV hingegen nur eine geringe Rolle.

In Abbildung 28 sind die Entwicklungen des gesamten und des gebäuderelevanten EEV sowie des Anteils des gebäuderelevanten EEV am gesamten EEV im Zeitverlauf dargestellt. Insbesondere durch den starken Rückgang des EEV aufgrund der Corona-Pandemie und einhergehend mit einer Zunahme von Home-Office, Home-Schooling und Online-Studium ist ein deutlicher Anstieg des Anteilswertes von 30,6 Prozent im Jahr 2019 auf 35,9 Prozent im Jahr 2020 feststellbar. Auch im Jahr 2021 blieb es unverändert bei diesem hohen Anteilswert, da zum einen der EEV noch weit unter dem Vor-Corona-Niveau blieb und zum anderen insbesondere in den im Vergleich zum Vorjahr kühleren Herbst- und Wintermonaten 2021 die Inzidenzwerte hoch waren und viele Erwerbstätige, Schüler und Studenten ihren Aufgaben von zuhause nachgingen.

In langfristiger Betrachtung haben sich sowohl der gebäuderelevante als auch der gesamte EEV im Zeitraum von 2000 bis 2015 deutlich rückläufig entwickelt. Während der EEV insgesamt danach bis 2019 durch den steigenden Energieverbrauch im Verkehrssektor tendenziell leicht zunahm, setzte sich beim gebäuderelevanten EEV die rückläufige Entwicklung – allerdings deutlich abgeschwächt – bis 2018 weiter fort. Durch diese auseinanderlaufenden Entwicklungen nahm der Anteil des gebäuderelevanten EEV am gesamten EEV tendenziell ab. Dabei spiegeln sich auch Witterungseinflüsse und insbesondere die Zunahme milder Winter in den letzten Jahren wider. So hat sich 2019 witterungsbedingt der gebäuderelevante EEV stärker erhöht als der EEV insgesamt, wodurch sich der Anteilswert des gebäuderelevanten am gesamten EEV von 29,3 Prozent im Jahr 2018 auf 30,6 Prozent im Jahr 2019 erhöhte. Durch die Corona-Pandemie ist vor allem der gesamte EEV stark gesunken, wozu maßgeblich Verbrauchsabnahmen im Verkehrssektor beigetragen haben. Im Jahr 2021 stieg der EEV

8 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. Nicht unter gebäuderelevantem EEV berücksichtigt wird (in methodischer Übereinstimmung mit der Monitoringberichterstattung zur Energiewende des Bundes) der Energieverbrauch für IKT-Anwendungen und mechanische Energie.

9 Ebenfalls in methodischer Übereinstimmung mit der Monitoringberichterstattung zur Energiewende des Bundes wird daher für den Verkehrssektor auch in der Berichterstattung für Hessen kein Energieverbrauch für Raumwärme ausgewiesen.

10 Das IE-Leipzig überträgt die im Auftrag der AGEV für Deutschland entwickelte Methode zur Erstellung sektoraler Anwendungsbilanzen auf Hessen (AGEV 2016 und 2018). Siehe hierzu auch die Erläuterungen in HMWEVL (2017 und 2018), jeweils in Kapitel 5.

zwar wieder an, blieb aber weiterhin noch weit unter seinem Vorkrisenniveau. Demgegenüber dürfte sich die Corona-Pandemie durch einen vermehrten Aufenthalt zuhause verbrauchssteigernd auf den gebäuderelevanten EEV auswirken. Überlagert wurde dies durch Witterungseffekte, wobei das Jahr 2020 milder und das Jahr 2021 kühler als im langjährigen Durchschnitt waren.

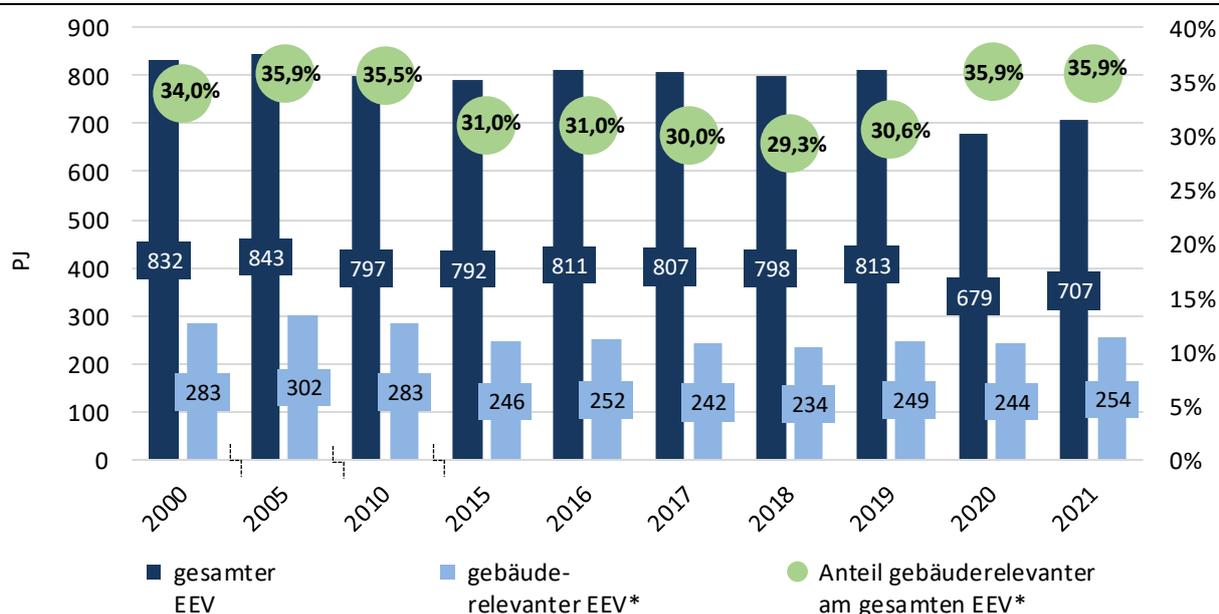
**Tabelle 1: Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch in Hessen 2021 (in PJ, Anteilswerte in %)**

Absoluter Verbrauch (in PJ)	Haushalte	GHD	Industrie	Verkehr*	Insgesamt
Gebäuderelevanter EEV	159,9	84,0	9,8	—	253,7
<i>darunter:</i>					
<i>Raumwärme</i>	127,6	60,7	6,8	—	195,2
<i>Warmwasser</i>	29,1	5,8	0,7	—	35,6
<i>Raumkühlung</i>	0,3	1,4	0,8	—	2,5
<i>Beleuchtung</i>	2,8	16,2	1,4	—	20,4
<b>EEV insgesamt</b>	<b>185,2</b>	<b>125,1</b>	<b>105,8</b>	<b>291,2</b>	<b>707,4</b>
Anteil am EEV insgesamt (in %)	Haushalte	GHD	Industrie	Verkehr*	Insgesamt
Gebäuderelevanter EEV	22,6%	11,9%	1,4%	—	35,9%
<i>darunter:</i>					
<i>Raumwärme</i>	18,0%	8,6%	1,0%	—	27,6%
<i>Warmwasser</i>	4,1%	0,8%	0,1%	—	5,0%
<i>Raumkühlung</i>	0,0%	0,2%	0,1%	—	0,3%
<i>Beleuchtung</i>	0,4%	2,3%	0,2%	—	2,9%
<b>EEV insgesamt</b>	<b>26,2%</b>	<b>17,7%</b>	<b>15,0%</b>	<b>41,2%</b>	<b>100,0%</b>
Anteil am sektor-spezifischen EEV (in %)	Haushalte	GHD	Industrie	Verkehr*	Insgesamt
Gebäuderelevanter EEV	86,3%	67,2%	9,2%	—	35,9%
<i>darunter:</i>					
<i>Raumwärme</i>	68,9%	48,5%	6,5%	—	27,6%
<i>Warmwasser</i>	15,7%	4,6%	0,7%	—	5,0%
<i>Raumkühlung</i>	0,2%	1,1%	0,7%	—	0,3%
<i>Beleuchtung</i>	1,5%	12,9%	1,4%	—	2,9%
<b>EEV insgesamt</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>—</b>	<b>100,0%</b>

\* — kein gebäuderelevanter Endenergieverbrauch im Verkehrssektor vorhanden

Quelle: IE-Leipzig 2021, vorläufige Daten, Berechnungen der Hessen Agentur.

**Abbildung 28: Entwicklung des gebäuderelevanten und des gesamten Endenergieverbrauchs in Hessen 2000-2021 (in PJ, Anteilswerte in %)**



\* geschätzte Werte

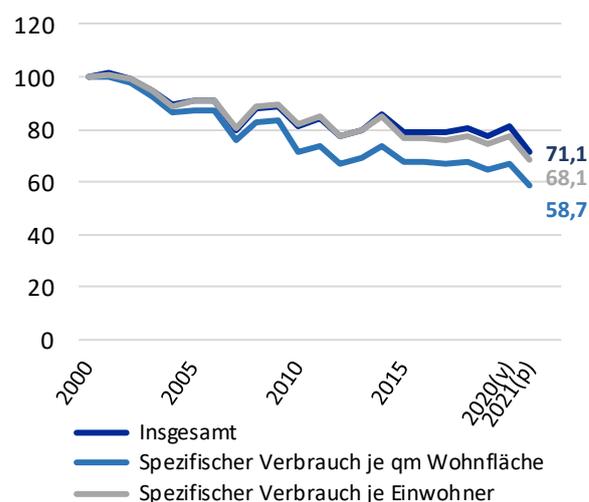
Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

### Temperaturbereinigter Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser privater Haushalte

Abbildung 29 zeigt die Indexentwicklungen des temperaturbereinigten EEV der privaten Haushalte für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser sowohl insgesamt als auch bezogen auf die Wohnfläche sowie auf die Einwohnerzahl. Durch die Temperaturbereinigung werden Witterungseinflüsse ausgeschaltet, wodurch im Vergleich zu den unbereinigten Energieverbrauchswerten der temperaturbereinigte Energieverbrauch der privaten Haushalte für das mildere Jahr 2020 ansteigt bzw. für das etwas kühlere Jahr 2021 sinkt. Der Rückgang der drei Zeitreihen beträgt am aktuellen Rand jeweils rund 12 Prozent.

In langfristiger Betrachtung haben sich alle drei betrachteten Indikatoren rückläufig entwickelt. Die Indexverläufe insgesamt und pro Kopf bis zum Jahr 2015 sind nahezu identisch. Danach wirken sich die gestiegenen Einwohnerzahlen dämpfend auf die Pro-Kopf-Entwicklung aus, sodass der spezifische Verbrauch pro Kopf geringer ausfällt als die Verbrauchsentwicklung insgesamt. Der spezifische Verbrauch bezogen auf die Wohnfläche war zunächst bis zum Jahr 2012 stärker rückläufig als die beiden anderen Indikatoren. Seither ist eine Parallelentwicklung zu erkennen.

**Abbildung 29: Temperaturbereinigter EEV privater Haushalte für Raumwärme und Warmwasser (Index 2000 = 100)**



Quelle: IE-Leipzig 2022, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

Im Jahr 2021 erreichen alle drei Indikatoren ihre bisherigen Tiefstwerte. Dabei liegt der temperaturbereinigte Gesamtverbrauch um 28,9 Prozent, der spezifische Pro-Kopf-Verbrauch um 31,9 Prozent und der spezifische Verbrauch je Quadratmeter Wohnfläche sogar um 41,3 Prozent unter dem jeweiligen Ausgangsniveau im Jahr 2000.

### 5.3 Modernisierungsdynamik bei Gebäuden

Bei älteren Wohngebäuden mit schlechter Wärmedämmung und einer oftmals veralteten Heizungstechnik bestehen sehr große Potenziale, durch Modernisierungsmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz sowie durch Substitution von fossiler durch erneuerbare Wärmeerzeugung einen signifikanten Beitrag zum Gelingen der Energiewende zu leisten. Die Hessische Landesregierung hat sich daher in der Koalitionsvereinbarung bis zum Jahr 2025 eine Verdopplung der energetischen Sanierungsquote von Wohngebäuden in Hessen von 1 auf 2 Prozent und damit auf ca. 27.000 Gebäude pro Jahr zum Ziel gesetzt (Hessische Landesregierung 2018). Dies wird durch eigene Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden unterstützt (siehe dazu in Kapitel 11 insbesondere die Maßnahmen 22 bis 34).

#### Modernisierung der Wärmeversorgung durch Austausch alter Gas- und Ölfeuerungsanlagen

Ein besonders erfolgversprechender Ansatz zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden besteht in der Stilllegung alter Feuerungsanlagen und deren Ersatz durch moderne effizientere Anlagen. Da Hausbesitzer abhängig von der Art der installierten Heizung im ein- bis dreijährigen Turnus eine Abgaswegeüberprüfung durchführen lassen müssen, können auf Basis der dabei gewonnenen Ergebnisse Veränderungen in der Heizungsstruktur im Zeitablauf dargestellt werden.

Entsprechende für Hessen aggregierte Daten konnten vom Landesinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks Hessen erstmals für das Jahr 2015 bereitgestellt werden (LIV 2016). Im Monitoringbericht 2016 wurde generell eine hohe Übereinstimmung der Heizungsstrukturen von Hessen und Deutschland aufgezeigt. In den Monitoringberichten 2019 bis 2021 wurden für Hessen Bestandsveränderungen in der Altersstruktur von Öl- und Gasfeuerungsanlagen für die Jahre 2015 und 2018 bis 2020 dargestellt. Dies wird mit den nun für das Jahr 2021 vorliegenden Daten fortgesetzt.

Im Jahr 2021 belief sich der Bestand auf insgesamt 403.700 Öl- und 477.400 Gasfeuerungsanlagen (siehe Tabelle 2). Das sind 63.600 Ölfeuerungsanlagen bzw. 13,6 Prozent und 114.300 Gasfeuerungsanlagen bzw. 19,3 Prozent weniger als im Jahr 2015. Erwartungsgemäß fanden dabei umso höhere relative Rückgänge statt, je älter die Heizungsanlagen bereits waren. Die Anzahl der Neuinbetriebnahmen von Ölfeuerungsanlagen war im Jahr 2021 mit 273 abermals niedriger als im Vorjahr (314). Ebenso lag die Zahl der neuen Gasfeuerungsanlagen mit 4.385 deutlich niedriger als im Jahr zuvor (4.681). Insgesamt ging die Zahl der Ölfeuerungsanlagen zwischen 2020 und 2021 um 14.300 bzw. 3,4 Prozent zurück, die Zahl der Gasfeuerungsanlagen um 19.400 bzw. 3,9 Prozent.

**Tabelle 2: Nach Alter differenzierte Öl- und Gasfeuerungsanlagen 2015, 2020 und 2021**

Ölfeuerungsanlagen	Inbetriebnahme					Insgesamt
	bis 1978	1979-1982	1983-1987	1988-1997	seit 1998	
Anzahl (in 1.000)						
2015	22,5	19,3	66,0	185,2	174,4	467,3
2020	14,5	13,3	51,7	162,8	175,7	418,0
2021	13,3	12,2	48,5	156,3	173,4	403,7
Altersstruktur (in %)						
2021	3,3%	3,0%	12,0%	38,7%	43,0%	100,0%
Unterschiede zwischen:						
2015 und 2021 (in 1.000)	-9,2	-7,1	-17,4	-28,9	-1,0	-63,6
2015 und 2021 (in %)	-41,0%	-36,6%	-26,5%	-15,6%	-0,5%	-13,6%
2020 und 2021 (in 1.000)	-1,2	-1,1	-3,2	-6,6	-2,2	-14,3
2020 und 2021 (in %)	-8,4%	-7,9%	-6,2%	-4,0%	-1,3%	-3,4%
Gasfeuerungsanlagen	Inbetriebnahme					Insgesamt
	bis 1978	1979-1982	1983-1987	1988-1997	seit 1998	
Anzahl (in 1.000)						
2015	7,9	13,1	60,1	242,2	268,4	591,6
2020	3,8	6,2	35,1	177,9	273,8	496,8
2021	3,3	5,5	31,6	165,3	271,7	477,4
Altersstruktur (in %)						
2021	0,7%	1,1%	6,6%	34,6%	56,9%	100,0%
Unterschiede zwischen:						
2015 und 2021 (in 1.000)	-4,6	-7,6	-28,5	-77,0	3,3	-114,3
2015 und 2021 (in %)	-57,8%	-58,0%	-47,5%	-31,8%	1,2%	-19,3%
2020 und 2021 (in 1.000)	-0,5	-0,7	-3,5	-12,7	-2,1	-19,4
2020 und 2021 (in %)	-12,1%	-11,4%	-10,1%	-7,1%	-0,8%	-3,9%

Quelle: LIV 2022, 2021, 2016, Zusammenstellung und Berechnungen der Hessen Agentur.

### Beheizung neu errichteter Wohngebäude und Wohnungen

Im Jahr 2021 wurden in Hessen insgesamt 6.273 Wohngebäude mit zusammen 19.178 Wohnungen fertiggestellt (siehe Tabelle 3). Im Vergleich zum Vorjahr waren dies 440 Wohngebäude (-6,6 %) weniger, aber 392 (+2,1%) neu errichtete Wohnungen mehr. In 3.722 und damit deutlich mehr als der Hälfte aller neu errichteten Wohngebäude (59,3 %) sind erneuerbare Energien die primäre Energiequelle bei der Beheizung. Dahinter folgen Gasheizungen (25,1 %) und Fernwärme (11,5 %). Ölfeuerungsanlagen werden hingegen nur noch in 0,5 Prozent

aller neu errichteten Wohngebäude als primäre Energiequelle genutzt.

Auch bei den neu errichteten Wohnungen entfällt der größte Anteil auf erneuerbare Energien mit 34,8 Prozent, dicht gefolgt von Gasheizungen mit 32,9 Prozent, und Fernwärme mit 30,2 Prozent. Innerhalb der erneuerbaren Energien prägen Wasser- und insbesondere Luftwärmepumpen sowohl bei den Wohngebäuden (84,6 %) als auch bei den Wohnungen (78,5 %) das Bild. Mit deutlichem Abstand folgen Geothermie (6,7 % bzw. 10,0 %) und Holz (6,7 % bzw. 7,7 %) als primäre Energiequellen.

In 38 Prozent aller neu errichteten Wohngebäude und rund 32 Prozent der Wohnungen wird zusätzlich zur primären Energiequelle noch eine sekundäre Energiequelle zur Wärmeerzeugung eingesetzt. Dabei kommen überwiegend erneuerbare Energien zum Einsatz, vor allem

Solarenergieanlagen (Wohngebäude: 49,7 %; Wohnungen: 61,7 %) und Holzheizungen (Wohngebäude: 35,1 %; Wohnungen: 17,9 %).

**Tabelle 3: Im Jahr 2021 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	33 (0,5%)	55 (0,3%)	3 (0%)	3 (0%)
Gas	1.573 (25,1%)	6.316 (32,9%)	161 (2,6%)	871 (4,5%)
Fernwärme	721 (11,5%)	5.801 (30,2%)	46 (0,7%)	115 (0,6%)
Erneuerbare Energien	3.722 (59,3%)	6.673 (34,8%)	1.208 (19,3%)	3.357 (17,5%)
Sonstige	223 (3,6%)	330 (1,7%)	963 (15,4%)	1.818 (9,5%)
Keine Energie	1 (0%)	3 (0%)	3.892 (62,0%)	13.014 (67,9%)
<b>Summe</b>	<b>6.273 (100%)</b>	<b>19.178 (100%)</b>	<b>6.273 (100%)</b>	<b>19.178 (100%)</b>
<b>B) Erneuerbare Energien</b>				
Umweltwärme**	3.149 (84,6%)	5.239 (78,5%)	145 (12,0%)	593 (17,7%)
Holz	249 (6,7%)	515 (7,7%)	424 (35,1%)	602 (17,9%)
Geothermie**	248 (6,7%)	667 (10,0%)	12 (1,0%)	14 (0,4%)
Solarenergie	26 (0,7%)	32 (0,5%)	600 (49,7%)	2.071 (61,7%)
Biogas / Biomethan	7 (0,2%)	52 (0,8%)	19 (1,6%)	35 (1,0%)
Sonstige Biomasse	43 (1,2%)	168 (2,5%)	8 (0,7%)	42 (1,3%)
<b>Summe</b>	<b>3.722 (100%)</b>	<b>6.673 (100%)</b>	<b>1.208 (100%)</b>	<b>3.357 (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) bei der Befragung anzugeben.

\*\* Wärmepumpen werden nach den Wärmequellen Erde (Geothermie), Luft (Aerothermie) und Wasser (Hydrothermie) eingeteilt. Die Thermiearten Aerothermie und Hydrothermie werden hier unter Umweltwärme zusammengefasst.

Quelle: HSL 2022c.

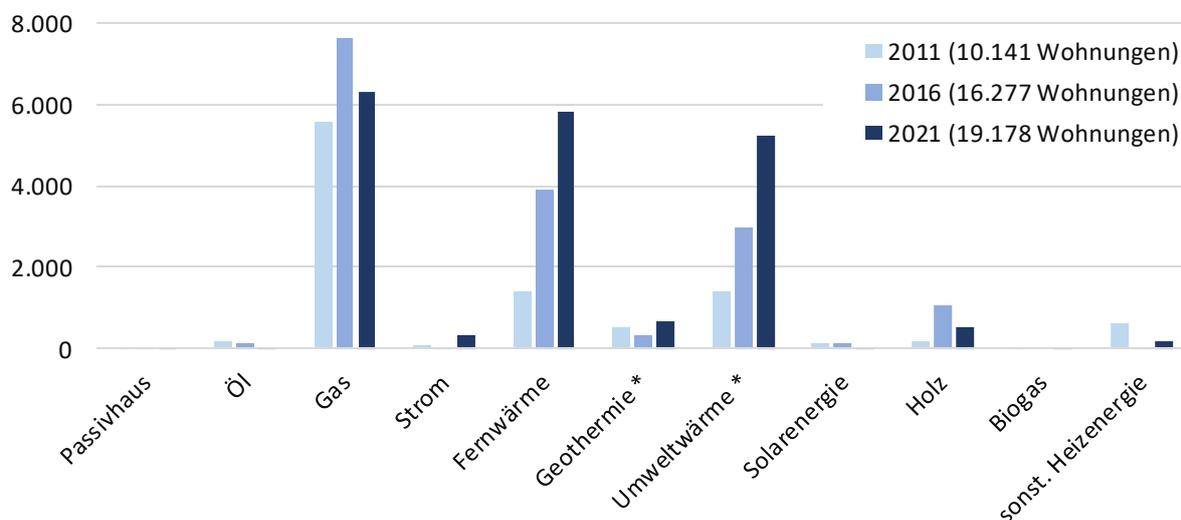
Abbildung 30 zeigt am Beispiel der Jahre 2011, 2016 und 2021 die Entwicklung der in neu fertiggestellten Wohnungen zur Heizung verwendeten primären Energiequellen im Zeitverlauf. In der Legende ist in Klammern auch die Zahl der jeweils insgesamt fertiggestellten Wohnungen angegeben, woraus eine deutliche Zunahme der Bautätigkeit ersichtlich wird.

Wohnungen im Passivhausstandard, Öl, Strom, Solarenergie, Biogas und sonstige Heizenergien haben als primäre Energiequellen über den gesamten Zeitraum nur eine geringe Bedeutung im Wohnungsneubau. Aber auch Geothermie und Holz kamen zuletzt im Jahr 2021 zusammen nur in knapp 1.200 Wohnungen als Hauptenergiequellen zur Wärmeerzeugung zum Einsatz.

Demgegenüber hat sich der Einsatz von Fernwärme und Umweltwärme in der letzten Dekade deutlich erhöht, von jeweils gut 1.400 im Jahr 2011 auf 5.801 Fernwärmeheizungen bzw. 5.239 Umweltwärmeheizungen im Jahr 2021. Entsprechend erhöhen sich deren Anteile an den Gesamtheizungen von jeweils 14,0 Prozent im Jahr 2011 auf 30,2 Prozent für Fernwärme und 27,3 Prozent für Umweltwärme.

Der Einsatz von Gasheizungen blieb über den Gesamtzeitraum hoch, zuletzt im Jahr 2021 mit 6.316. Allerdings hat sich die Bedeutung von Gasheizungen als primäre Energiequelle für Heizungen durch die Dynamik im Wohnungsbau deutlich verringert, von 54,7 Prozent im Jahr 2011 auf 32,9 Prozent im Jahr 2021.

**Abbildung 30: Entwicklung fertiggestellter Wohnungen nach zur Heizung verwendeten primären Energiequellen in den Jahren 2011, 2016 und 2021**



\* Wärmepumpen werden nach den Wärmequellen Erde (Geothermie), Luft (Aerothermie) und Wasser (Hydrothermie) eingeteilt. Die Thermiearten Aerothermie und Hydrothermie werden hier unter Umweltwärme zusammengefasst.

Quelle: HSL 2022c, 2017, 2012.

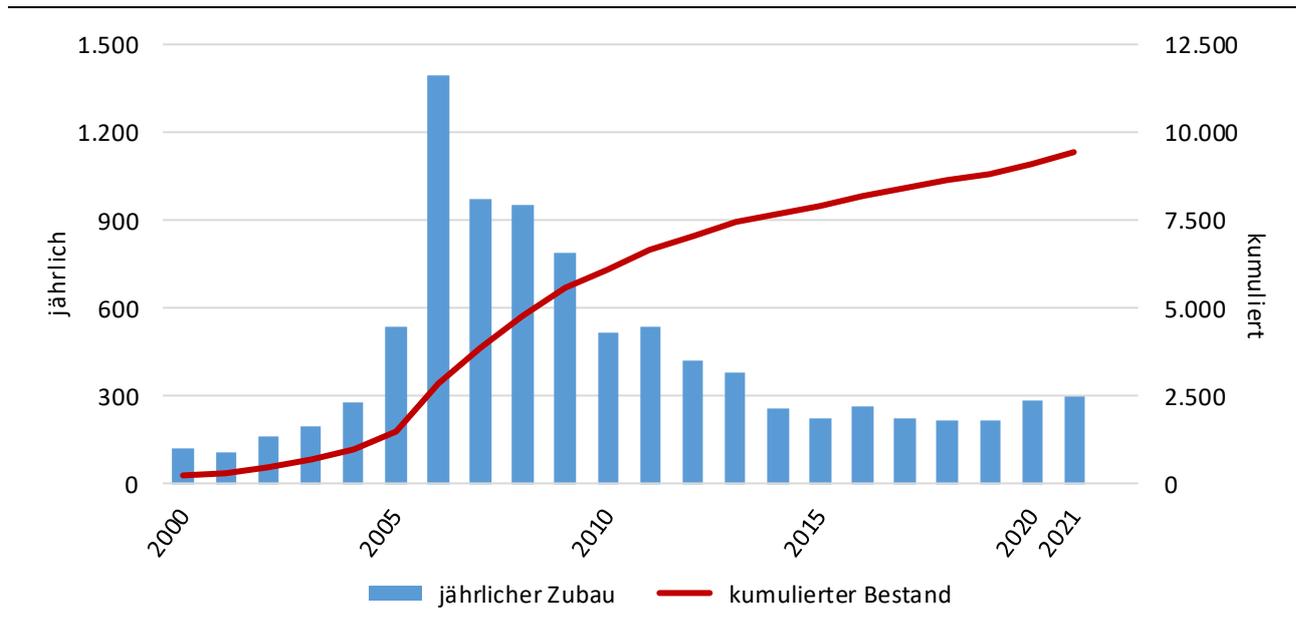
### Beheizung mit oberflächennaher Geothermie

Vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) werden für die erneuerbare Energiequelle Geothermie die technischen Daten zu den in Hessen zugelassenen oberflächennahen Erdwärmesonden-Anlagen (EWS-Anlagen) erfasst. Auf Grundlage dieser Datenbank können die folgenden Entwicklungen seit dem Jahr 2000 dargestellt werden.

Bis Ende 2021 wurden in Hessen insgesamt 9.400 EWS-Anlagen genehmigt und errichtet (siehe Abbildung 31). Die Zahl der jährlich genehmigten EWS-Anlagen nahm zunächst von gut 100 Anlagen im Jahr 2000 auf fast 1.400 Anlagen im Jahr 2006 deutlich zu. Dieser auch für Deutschland insgesamt zu beobachtende Zuwachs dürfte u. a. auf die etwa ab dem Jahr 2002 wieder steigenden Ölpreise zurückzuführen sein, die sich bis 2006 in etwa verdoppelt hatten (siehe Kapitel 10.1). Danach ist bis zum Jahr 2015 ein massiver Rückgang auf etwa 220 neue Anlagen festzustellen. Als Grund für diese rückläufige Zahl der jährlich genehmigten EWS-Anlagen ist neben steigenden und somit kostenerhöhenden Anforderungen für EWS-Bohrungen auch die zunehmende Verbreitung von Luftwärmepumpen zu nennen. Deren Anteil an den insgesamt verkauften Wärmepumpen ist bundesweit seit 2006 kontinuierlich stark angestiegen.

Bis zum Jahr 2019 bewegte sich die Zahl der jährlichen EWS-Genehmigungen um ein Niveau von etwa 225 Anlagen. Im Jahr 2020 war wieder eine Belebung auf 284 Anlagen zu beobachten und dies setzte sich auch im Jahr 2021 mit dem Zubau von 300 Erdwärmesonden weiter fort. Neben der höheren Anzahl neu errichteter Wohnungen im Jahr 2021 dürften auch die Förderung durch des BAFA sowie der hohe technische Standard der Anlagen und die dadurch hohe Akzeptanz der Verbraucher mit dazu beigetragen haben (vgl. Bundesverband Wärmepumpe 2022). Zudem gibt die Hessische Landesregierung verschiedene Impulse, um den Ausbau geothermisch gestützter Anlagen zum Heizen und Kühlen zu beschleunigen (siehe Maßnahmen 52, 61 und 62 in Kapitel 11).

Abbildung 31: Zubau von Erdwärmesonden-Anlagen in Hessen 2000-2021 (jährlich und kumuliert)



Quelle: HLNUG 2022.

### Brennholzverbrauch der privaten Haushalte in Hessen

Der Brennholzverbrauch privater Haushalte in Hessen wird für das Jahr 2021 auf insgesamt rund 19,6 PJ bzw. 5.450 GWh geschätzt. Witterungsbedingt – 2021 war ein überdurchschnittlich kühles Jahr – hat der Brennholzverbrauch damit gegenüber dem Vorjahr um 2,4 PJ bzw. 14,1 Prozent zugenommen. In langfristiger Betrachtung ist der Verbrauch tendenziell angestiegen und hat sich seit dem Jahr 2000 um 48,6 Prozent erhöht.

In besonders kühlen Jahren wie z. B. 2010 sind deutliche Ausschläge nach oben und in milden Jahren wie z. B. 2014 deutliche Ausschläge nach unten ersichtlich (Abbildung 32).

Abbildung 32: Brennholzverbrauch der privaten Haushalte 2000-2021 (in PJ)



Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

## 5.4 Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor

Die Hessische Landesregierung hat zahlreiche Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor auf den Weg gebracht, wie z. B. die Förderung der energetisch optimierten Modernisierung von Gebäuden zum Passivhaus oder der Energieeffizienz im Mietwohnungsbau (siehe Kapitel 11). Auf Bundesebene werden zudem Förderprogramme für die Modernisierung von Gebäuden sowie für den Neubau vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) angeboten. Dabei erfolgte eine Umstrukturierung zum 1. Januar 2021 mit dem Ziel, die Förderlandschaft übersichtlicher zu gestalten (BAFA 2020). Die Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG) löst das bisherige Marktanzreizprogramm (MAP) der Bundesregierung ab. Beim BAFA erfolgte die Umstellung unmittelbar zum 1. Januar 2021, bei der KfW erst zum 1. Juli 2021.

### Neubau- und Sanierungsförderung der KfW

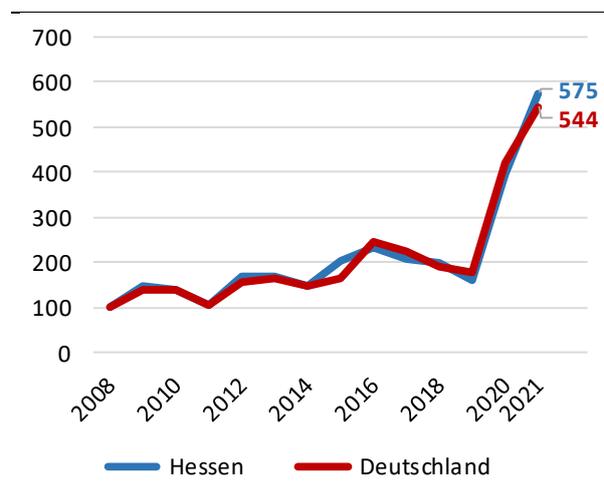
Im Jahr 2021 hat die KfW den Neubau und die Modernisierung von Gebäuden in Deutschland mit insgesamt rund 34,5 Mrd. Euro gefördert, gut 2,5 Mrd. Euro bzw. 7,3 Prozent davon entfielen auf Hessen. Im Vergleich zum Vorjahr ist das Fördervolumen sowohl in Hessen wie auch in Deutschland abermals sprunghaft angestiegen (siehe Abbildung 33). Dabei fiel im direkten Vorjahresvergleich der relative Zuwachs in Hessen mit 45 Prozent stärker aus als in Deutschland insgesamt (+29 %).

Im Vergleich zum Basisjahr 2008 hat sich die Nachfrage nach Fördermitteln zur Steigerung der Energieeffizienz in Hessen mit einem Indexwert von 575 im Jahr 2021 etwas stärker erhöht als in Deutschland (Indexwert: 544). Rückblickend sind die Entwicklungen in Deutschland und Hessen allerdings sehr ähnlich verlaufen.

Als wichtige Gründe für den sprunghaften Anstieg der KfW-Energieeffizienzförderung im Jahr 2020 wurden im Monitoringbericht 2021 u. a. die Erhöhung des Förderhöchstbetrags für EFH in Neubau und Sanierung auf 120.000 Euro, die Erhöhung der Förderintensität im Neubau durch Anhebung des Tilgungszuschusses für Wohngebäude um 12,5 Prozent zum 24. Januar 2020 sowie mögliche Vorzieheffekte wegen Unsicherheiten, die durch die Umstellung der Bundesförderung für effiziente Gebäude zum 1. Juli 2021 erwartet wurden, aufgeführt. Tatsächlich ist es durch die Umstellung der Förderung zu erheblichen Umstrukturierungen gekommen. So ist bei der KfW am 1. Juli 2021 die „Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)“ gestartet und soll die klassischen Förderprogramme „Energieeffizient Bauen“ und „Energieeffizient Sanieren“ ersetzen. Bisher wirkte sich die

Einführung der neuen Programme belebend auf das Gesamtfördervolumen für das Jahr 2021 gegenüber dem Vorjahr aus.

**Abbildung 33: Entwicklung des Fördervolumens der KfW für Neubau und Gebäudesanierung, Hessen und Deutschland 2008-2021 (Index 2008 = 100)**



Quelle: KfW 2022.

Von den im Jahr 2021 für Hessen insgesamt bereitgestellten KfW-Fördermitteln zur Verbesserung der Energieeffizienz in Höhe von 2.506 Mio. Euro entfielen 1.294 Mio. Euro bzw. etwas mehr als die Hälfte (51,6 %) auf Neubauten, 979 Mio. Euro bzw. 39,1 Prozent auf BEG-Programme für Wohngebäude und 233 Mio. Euro bzw. 9,3 Prozent auf die Sanierung des Gebäudebestandes (siehe Tabelle 4). Gemessen an der Anzahl der Förderzusagen hat „BEG Wohngebäude“ mit 44,3 Prozent aller Zusagen bereits das größte Gewicht. Es folgen „Sanieren“ (28,1 %) und „Bauen“ (27,6 %) mit jeweils ähnlichen Anteilswerten. Auch mit Blick auf die geförderten Wohneinheiten bzw. Wohnungen dominieren bereits die BEG-Programme mit 48,0 Prozent der insgesamt 38.360 geförderten Wohneinheiten.

Für BEG-Programme wurden im Jahr 2021 in Hessen von der KfW insgesamt 5.952 Zusagen erteilt und dadurch 18.401 Wohneinheiten gefördert. Im Schnitt erhielt jede im Jahr 2021 geförderte neu gebaute Wohneinheit rund 53.200 Euro zinsvergünstigte Kredite. Darüber hinaus wurden für Neubauförderung 3.715 Zusagen erteilt und dadurch 12.955 Wohneinheiten gefördert, woraus sich im Schnitt je neu gebauter Wohneinheit rund 100.000 Euro zinsvergünstigte Kredite errechnen. Für Sanierungsmaßnahmen wurden weiter 3.770 Zusagen erteilt und dadurch 7.004 Wohneinheiten gefördert, woraus sich im Schnitt je Wohneinheit rund 33.300 Euro zinsvergünstigte Kredite errechnen.

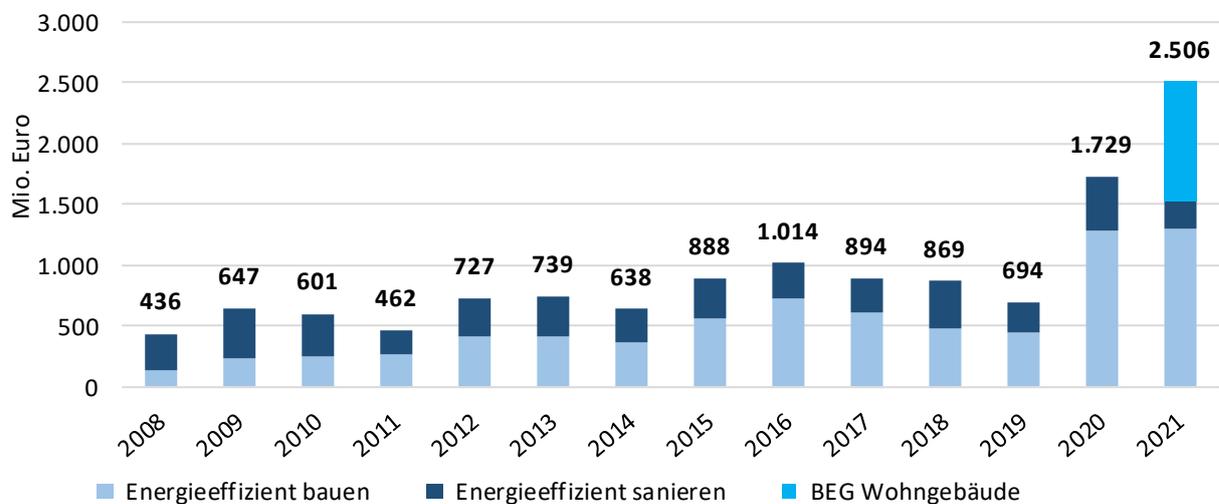
**Tabelle 4: Bau- und Sanierungsförderung der KfW in Hessen 2021**

	Anzahl der Zusagen	Mio. Euro	Geförderte Wohneinheiten
Bauen	3.715	1.294	12.955
BEG Wohngebäude	5.952	979	18.401
BEG: Kredit Effizienzhaus	1.787	545	4.119
BEG: Kredit Einzelmaßnahme	305	25	905
BEG: Zuschuss	3.860	409	13.377
Sanieren	3.770	233	7.004
Sanieren: Effizienzhaus	455	163	2.332
Sanieren: Einzelmaßnahmen	413	32	1.334
Sanieren: Ergänzungskredit	102	3	151
Sanieren: Zuschuss	2.800	35	3.187
<b>Insgesamt</b>	<b>13.437</b>	<b>2.506</b>	<b>38.360</b>

Quelle: KfW 2022.

Abbildung 34 zeigt die Entwicklung des Fördervolumens der KfW zur Steigerung der Energieeffizienz seit 2008. Sowohl der zunächst zu beobachtende Anstieg des Fördervolumens bis zum Höchststand von über 1 Mrd. Euro im Jahr 2016 als auch der anschließende Rückgang bis 2019 sowie der deutliche Wiederanstieg im Jahr 2020 wurde überwiegend durch das Förderprogramm „Energieeffizient bauen“ geprägt.

Der abermalige deutliche Anstieg im Jahr 2021 geht einher mit der Einführung der Programme für BEG-Wohngebäude zur Jahresmitte 2021, mit einem Gesamtfördervolumen für Hessen in Höhe von 979 Mio. Euro. Während das Fördervolumen für „Energieeffizient bauen“ mit 1.294 Mio. Euro das Vorjahresniveau sogar leicht übertreffen konnte (+12 Mio. Euro bzw. +0,9 %), hat sich das Fördervolumen für „Energieeffizient sanieren“ mit 233 Mio. Euro im Vorjahresvergleich in etwa halbiert (-214 Mio. Euro bzw. -47,9 %).

**Abbildung 34: KfW-Förderung zur Steigerung der Energieeffizienz in Hessen 2008-2021 (in Mio. Euro)**

Quelle: KfW 2022.

### Förderprogramme für kleine (BAFA) und für größere (KfW) Investitionsmaßnahmen zur Steigerung der Effizienz von Gebäuden

Das bis zum Jahresende 2020 laufende Marktanzreizprogramm (MAP) zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt und die es ersetzende Bundesförderung für Effiziente Gebäude (BEG) zielen in erster Linie auf die

Förderung der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in bereits bestehenden Gebäuden ab.

In Ausnahmefällen ist aber auch eine Förderung besonders innovativer und hocheffizienter Technologien in Neubauten möglich. Je nach Art und Größe der Investitionsmaßnahme erfolgt die Förderung über die KfW oder über das BAFA. Die Förderung von kleinen Anlagen bis

100 kW Leistung in den Bereichen Solarthermie, Biomasse und Wärmepumpen erfolgt über das BAFA ausschließlich in Form von Investitionszuschüssen. Mit dem KfW-Programm „Erneuerbare Energien – Premium“ werden alle größeren Anlagen in Form von Tilgungszuschüssen abgewickelt.

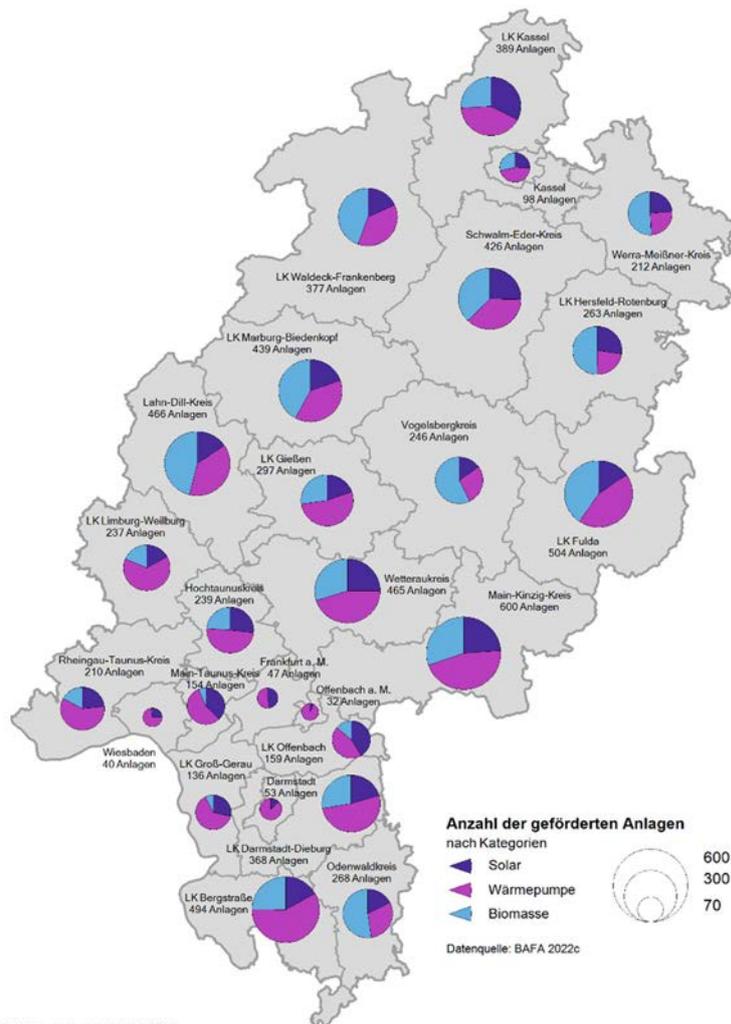
Laut Förderstatistik der KfW wurden im Jahr 2021 im Rahmen des Förderprogramms „Erneuerbare Energien – Premium“ bundesweit 1.377 Zusagen mit einem Förder volumen von insgesamt 97 Mio. Euro erteilt. Begründet durch den Datenschutz wurden für Hessen keine Angaben zu den Zusagen, sondern nur zum Fördervolumen in Höhe von 1 Mio. Euro veröffentlicht.

Vom BAFA wurden im Jahr 2021 insgesamt rund 7.200 Anlagen in Hessen noch durch das MAP bzw. neu durch

das BEG gefördert. Bei 45 Prozent aller geförderten Anlagen handelt es sich um Wärmepumpen, gefolgt von Biomasseanlagen (33 %) und Solarthermieanlagen (22 %). Im Jahr 2021 erfolgte ein Leistungszubau durch die Förderung von Biomasseheizungen in Höhe von 56,4 MW und von Wärmepumpen in Höhe von 25,0 MW. Zudem wurde eine Fläche von 17.700 Quadratmeter an Solarthermieanlagen zugebaut.

In Abbildung 35 ist die regionale Verteilung der Anlagen dargestellt. In den kreisfreien Städten wurden vergleichsweise wenige Anlagen gefördert. Biomasseanlagen werden mit Holz betrieben und konzentrieren sich stärker auf vor allem ländlich geprägte Landkreise.

**Abbildung 35: Im Rahmen des MAP und der BEG durch das BAFA im Jahr 2021 geförderte Anlagen in Hessen**



### Energetische Modernisierung der Trainingshalle Dietesheim in Mühlheim

Die Trainingshalle Dietesheim in Mühlheim wurde umfassend auf den energetischen Neubaustandard nach GEG modernisiert. Bei dem Gebäude handelt es sich um eine Sporthalle mit einer Nettogrundfläche von 1.443 Quadratmeter. Im Zuge der Maßnahme wurde eine Wärmedämmung der Außenwände mittels Wärmedämmverbundsystem auf den Altputz angebracht und das Dach durch eine Dämmung auf Sparren von außen energetisch modernisiert. Der Wärmeerzeuger wurde ausgetauscht und eine Klein-Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage wurde eingebaut. Außerdem wurden mehrere Heizungspumpen ausgetauscht. Um die Effizienz der neuen Heizungsanlage zu erhöhen, wurde ein hydraulischer Abgleich vorgenommen. In der Sporthalle wurde außerdem eine moderne Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut. Die berechnete Endenergieeinsparung durch die Modernisierung liegt bei 61 Prozent und die CO<sub>2</sub>-Einsparung durch die energetische Maßnahme beträgt ca. 80 Tonnen pro Jahr.

Das Vorhaben wurde mit rund 287.000 Euro durch das Land Hessen gefördert.

Weitere Informationen unter: [https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2020/Broschre\\_Modernisierung\\_kommunaler\\_Liegenschaften.pdf](https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2020/Broschre_Modernisierung_kommunaler_Liegenschaften.pdf)



### Energetische Modernisierung eines Mehrfamilienhauses in Büttelborn zum Passivhaus im Bestand

Ein bestehendes Mehrfamilienhaus mit vier Wohneinheiten, Baujahr 1979, wurde umfassend energetisch zum „Passivhaus im Bestand“ saniert. Der berechnete Heizwärmebedarf nach der Modernisierung beträgt 25 kWh pro Quadratmeter und Jahr.

Der Wärmeschutz aller Teile der Gebäudehülle wurde entscheidend verbessert. Außenwände, Pultdach und die Bodenplatte wurden wärmebrückenreduzierend und möglichst luftdicht gedämmt. Die Fenster wurden durch Passivhausfensterrahmen mit Drei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und einer entsprechenden Eingangstüre ersetzt. Balkone wurden abgebrochen oder überbaut. Es wurde für jede der vier Wohneinheiten eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut. Diese tragen dazu bei, dass die Wärmeverluste durch die Lüftung gering gehalten werden. Die ursprüngliche Ölheizung wurde durch einen Gas-Brennwertkessel ersetzt. Der Wärmeverbrauch des Gebäudes wird über Wärmemengenzähler erfasst. Insgesamt wird der verbleibende Heizenergiebedarf des Gebäudes drastisch auf jetzt ca. 6.500 kWh pro Jahr verringert.

Das Modernisierungsvorhaben wurde mit über 31.000 Euro vom Land Hessen gefördert.

Weitere Informationen unter: [https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2020/Broschre\\_Passivhaus\\_im\\_Bestand\\_08-2017.pdf](https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2020/Broschre_Passivhaus_im_Bestand_08-2017.pdf)



# 6

## Anlagen der erneuerbaren und konventionellen Energieerzeugung



## 6 Anlagen der erneuerbaren und konventionellen Energieerzeugung

Die installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen ist im Jahr 2021 von 5,0 auf 5,3 GW gestiegen. Mit dieser vorgehaltenen elektrischen Leistung konnte im Jahr 2021 knapp die Hälfte des in Hessen produzierten Stroms erzeugt werden (siehe Abbildung 14 in Kapitel 3.3).

Im Folgenden werden zunächst die erneuerbaren Energieanlagen nach dem EEG detailliert betrachtet. Darüber hinaus wird in diesem Kapitel eine Übersicht über die konventionellen Energieanlagen sowie über die Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, die gleichzeitig Strom und Nutzwärme erzeugen, gegeben.

### Informationen zur Datenquelle

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

Datengrundlage für die Auswertungen in Kapitel 6.1 sind die Anlagenstammdaten der Übertragungsnetzbetreiber im Rahmen der EEG-Jahresabrechnung 2020 (ÜNB 2021). Darüber hinaus wurde das Marktstammdatenregister (BNetzA 2022a) ausgewertet. Als eine weitere Datenquelle für Windenergieanlagen wird das Länderinformationssystem für Anlagen (LIS-A 2022a) hinzugezogen. Da zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses die EEG-Jahresabrechnung für das Jahr 2021 noch nicht vorlag, wird eine Schätzung des IE-Leipzig (2022) zu den eingespeisten Strommengen im Jahr 2021 herangezogen.

Bei der Prüfung der Anlagenstammdaten der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB 2021) sind Abweichungen, vor allem in Hinblick auf den Energieträger Windenergie, aufgefallen. In einigen Fällen werden ganze Windparks aggregiert ausgewiesen oder es wird als Standort der Netzanschlusspunkt und nicht der tatsächliche Standort der Anlage genannt. Derartige Anlagen werden in diesem Bericht nach dem Territorialprinzip, d. h. nach dem geografischen Standort der Stromerzeugung berücksichtigt. Die ermittelten Daten weichen daher von den Ergebnissen der amtlichen Energiestatistik bzw. Energiebilanz ab. Entscheidend für die Erfassung der eingespeisten Mengen ist in der amtlichen Statistik nicht der tatsächliche Standort, sondern der Einspeisepunkt. Konkret handelt es sich um drei hessische Windparks mit 46 Anlagen und einer installierten elektrischen Leistung von 110 MW, die außerhalb Hessens einspeisen und daher in den ÜNB-Daten nicht dem Bundesland Hessen zugeordnet sind. Diese Windparks werden in diesem Bericht gemäß Territorialprinzip dem Bundesland Hessen zugeordnet.

Die Bundesnetzagentur hat am 31. Januar 2019 das Webportal zum Marktstammdatenregister (MaStR) unter [www.marktstammdatenregister.de](http://www.marktstammdatenregister.de) freigeschaltet und damit die bestehenden Register abgelöst (BNetzA 2022a). Derzeit ist das Marktstammdatenregister noch mit Datenfehlern und -unschärfen behaftet, z. B. aufgrund von Fehleintragen durch die Anlagenbetreiber. Die Prüfung der Anlagenbetreiberangaben durch die Netzbetreiber schreitet jedoch immer mehr voran, sodass sich die Qualität des Marktstammdatenregisters sukzessive verbessert. Auch die Vollständigkeit des Registers verbessert sich zusehends. Ein konsistenter Datensatz zum Gesamtanlagenbestand in Deutschland ist nach Aussage der Bundesnetzagentur voraussichtlich im Laufe des Jahres 2022 zu erwarten.

Anstatt der im Marktstammdatenregister verwendeten Bezeichnung „Solare Strahlungsenergie“ wird in diesem Kapitel wie im gesamten Bericht die Bezeichnung „Photovoltaik“ verwendet. Die Energieträger Deponiegas und Klärgas werden analog der Systematik im Marktstammdatenregister dem Energieträger Biomasse zugeordnet und nicht mehr separat ausgewiesen.

## 6.1 Erneuerbare Energieanlagen zur Stromerzeugung

Die weitere Errichtung von erneuerbaren Energieanlagen ist wesentlich für das Gelingen der Energiewende in Hessen. Nur durch einen massiven Ausbau insbesondere von Windenergieanlagen und Photovoltaikanlagen wird es möglich sein, den benötigten Strom klimaneutral zu erzeugen und die momentan in Hessen eingesetzten fossilen Energieträger wie Kohle und Erdgas zu ersetzen. Darüber hinaus müssen die erneuerbaren Energieanlagen in Hessen so stark ausgebaut werden, dass auch ein steigender Strombedarf aufgefangen werden kann, da durch Sektorenkopplung der Stromsektor in Zukunft eine größere Rolle spielen wird. Nicht zuletzt hat der Ausbau von erneuerbaren Energieanlagen auch einen direkten Einfluss auf die Versorgungssicherheit in Hessen, weil dadurch weniger Importe von fossilen Energieträgern notwendig werden. Dieser Aspekt gewinnt in Anbetracht des Angriffskriegs Russlands in der Ukraine und des Lieferstopps von russischem Gas eine immer größere Bedeutung.

Durch die Umstellung der Stromproduktion von konventionellen Energieträgern auf erneuerbare Energieträger wird das Energiesystem erheblich verändert. Diese Veränderung bringt große Herausforderungen mit sich. Die zahlenmäßig vergleichsweise geringen konventionellen Kraftwerke verfügen über hohe Stromerzeugungskapazitäten, sind je nach Bedarf regelbar und speisen an wenigen Stellen große Mengen Strom in das Stromnetz ein. Im Gegensatz hierzu sind erneuerbare Energieanlagen in großer Menge und dezentral verteilt. Konkret stehen den 32 konventionellen Großkraftwerken mit einer Gesamtleistung von 3.502 MW (siehe Kapitel 6.2) mehr als 150.000 erneuerbare Energieanlagen mit einer Gesamtleistung von 5.341 MW gegenüber (siehe Tabelle 5).

Eine der größten Herausforderungen bei der Umstellung des Energiesystems von konventionellen Energieanlagen auf erneuerbare Energieanlagen ist der Umgang mit der unterschiedlichen Verfügbarkeit der Energieträger. Während der limitierende Faktor bei der Stromproduktion von konventionellen Kraftwerken aktuell der drohende Importengpass der benötigten Energieträger ist, weisen die relevanten erneuerbaren Energieanlagen, die auf den Energieträgern Windenergie und Photovoltaik beruhen, das Problem der witterungsabhängigen Verfügbarkeit auf. Das Energiesystem muss daher auch auf Basis von erneuerbaren Energieanlagen so gestaltet sein, dass beispielsweise an einem windstillen und bewölkten Tag im Winter mit nur geringer Stromerzeugung durch Windenergie- und Photovoltaikanlagen genügend Strom zur Verfügung steht, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Eine Lösung für diese Problematik kann der verstärkte Einsatz von Speichern und die Nutzung von flexiblen Verbrauchern sein.

Die unterschiedliche Verfügbarkeit der erneuerbaren Energieträger im Vergleich zu den konventionellen Energieträgern kann mit Blick auf die Jahresvolllaststunden veranschaulicht werden. Die Jahresvolllaststunden werden berechnet, indem der Jahresstromertrag durch die installierte elektrische Leistung der Anlagen dividiert wird. Es handelt sich also um die Zahl der Stunden, die anfallen würden, um den Jahresstromertrag unter Ausschöpfung der maximalen Leistung zu erreichen. Nach einer Auswertung des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW) für das Jahr 2021 lag in Deutschland die Spannweite zwischen 910 Volllaststunden beim Energieträger Photovoltaik und 8.070 Volllaststunden beim Energieträger Kernenergie (siehe Tabelle 5). Windenergieanlagen an Land kamen im Jahr 2021 auf 1.620, der Energieträger Steinkohle auf 2.890, Windenergieanlagen auf See auf 3.090 und der Energieträger Erdgas auf 3.170 Volllaststunden. Gegenüber dem Vorjahr zeigen sich witterungsbedingt geringere Volllaststunden bei den Energieträgern Photovoltaik (-7 %), Windenergie an Land (-16 %) und Windenergie auf See (-12 %).

**Tabelle 5: Jahresvolllaststunden nach Energieträgern im Jahr 2021 in Deutschland**

Energieträger	Art	2021*
Kernenergie	konventionell	8.070
Braunkohle	konventionell	5.860
Biomasse	erneuerbar	4.590
Wasserkraft	erneuerbar	3.430
Erdgas	konventionell	3.170
Windenergie auf See	erneuerbar	3.090
Steinkohle	konventionell	2.890
Windenergie an Land	erneuerbar	1.620
Mineralöl	konventionell	1.610
Photovoltaik	erneuerbar	910

\* Werte vorläufig (Stand: 09.06.2022)  
Quelle: BDEW 2022a.

Demgegenüber haben sich die Volllaststunden bei den Energieträgern Kernenergie (+7 %), Braunkohle (+27 %), Steinkohle (+58 %) und Mineralöl (+19 %) zum Teil deutlich erhöht. Diese gegenläufigen Bewegungen weisen darauf hin, dass aufgrund der witterungsbedingt niedrigeren Stromerzeugung von Windenergie- und Photovoltaikanlagen vermehrt konventionelle Kraftwerke zur Stromerzeugung genutzt wurden, um die

Stromerzeugung auszugleichen. Dies gilt jedoch nicht für den Energieträger Erdgas, dessen Volllaststunden gegenüber dem Vorjahr um 4 Prozent zurückgegangen sind. Biomasseanlagen hielten mit 4.590 Volllaststunden das Niveau des Vorjahres, während Wasserkraftanlagen mit 3.430 im Jahr 2021 gegenüber dem Dürrejahr 2020 um 5 Prozent höhere Volllaststunden aufweisen.

Der Rückgang der Volllaststunden bei Windenergieanlagen zeigt sich auch in Hessen. Das IE-Leipzig (2022) hat für hessische Windenergieanlagen auf Basis der Anlagenstamm- und Bewegungsdaten der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB 2021) 2.120 Volllaststunden für das Jahr 2020 ermittelt. Für das Jahr 2021 schätzt das Institut einen Rückgang der Volllaststunden auf 1.670. Das entspricht einem Rückgang von 21 Prozent, der noch deutlicher als in Deutschland insgesamt ausfällt.

### Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen nach dem EEG

In Hessen waren zum Jahresende 2021 insgesamt 150.850 erneuerbare Energieanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von 5.340,7 MW in Betrieb (siehe Tabelle 6 sowie Informationen zur Datenquelle). Gegenüber dem Vorjahr hat sich die installierte elektrische Leistung um 5,8 Prozent erhöht. Damit zeigt sich ein etwas niedrigerer Leistungszuwachs als im Vorjahr (+6,7 Prozent).

Mit 2.672,5 MW entfällt auf den Energieträger Photovoltaik die Hälfte (50,0 %) der in Hessen durch erneuerbare Energieanlagen installierten elektrischen Leistung. Insgesamt waren zum Ende des Jahres 2021 rund 148.700 Photovoltaikanlagen in Betrieb, bei denen es sich zum größten Teil um kleinere Anlagen handelt, die auf Hausdächern montiert sind. Es gibt in Hessen aber auch größere Photovoltaik-Freiflächenanlagen, die zum Jahresende 2021 in Summe auf eine installierte elektrische Leistung von 375 MW kamen. Das entspricht 14 Prozent der in Hessen durch Photovoltaik vorgehaltenen elektrischen Leistung.

Mit einem Anteil von 43,4 Prozent haben Windenergieanlagen ebenfalls eine sehr hohe Bedeutung bei der installierten elektrischen Leistung von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen. Zum Ende des Jahres 2021 waren insgesamt 1.160 Windenergieanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von 2.317,7 MW in Betrieb. Dazu zählen auch 24 Kleinwindanlagen mit einer nur sehr geringen installierten elektrischen Leistung (meist < 100 kW), die aufgrund der geringen Höhe gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) nicht genehmigungspflichtig sind.

Im Vergleich zu den Photovoltaikanlagen und Windenergieanlagen haben Biomasseanlagen mit 5,4 Prozent und

Wasserkraftanlagen mit 1,2 Prozent eine geringe Bedeutung hinsichtlich der durch erneuerbare Energieanlagen installierten elektrischen Leistung in Hessen. Die 521 hessischen Biomasseanlagen kommen auf eine installierte elektrische Leistung von 288,0 MW. Größtenteils wird Biogas als Brennstoff in den Biomasseanlagen eingesetzt. Es sind aber auch Deponie- und Klärgasanlagen unter dem Energieträger Biomasse subsumiert. Die 493 Wasserkraftanlagen halten in Summe eine installierte elektrische Leistung von 62,5 MW vor. In den meisten Fällen handelt es sich um Wasserkraftanlagen mit sehr kleinen Turbinen. Daneben gibt es 9 größere Anlagen, mit einer installierten elektrischen Leistung von mindestens 1 MW.

**Tabelle 6: Anzahl und installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2021 in Hessen nach Energieträgern**

Energieträger	Anlagenzahl	Installierte Leistung (in MW)	Anteil installierte Leistung
Biomasse*	521	288,0	5,4%
Photovoltaik	148.676	2.672,5	50,0%
Wasserkraft	493	62,5	1,2%
Windenergie	1.160	2.317,7	43,4%
<b>Summe</b>	<b>150.850</b>	<b>5.340,7</b>	<b>100,0%</b>

\* inklusive Deponie- und Klärgas.

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

Quelle: ÜNB 2021, BNetzA 2022a, LIS-A 2022a, Bereinigungen der Hessen Agentur.

### Inbetriebnahmen, Stilllegungen, Leistungsänderungen und Netto-Zubau von erneuerbaren Energieanlagen

Im Jahr 2021 wurde in Hessen bei den erneuerbaren Energieanlagen ein Netto-Zubau von über 15.000 Anlagen und einer elektrischen Leistung von 291,8 MW erzielt. Der Netto-Zubau wird berechnet, indem von den neu in Betrieb genommenen Anlagen die stillgelegten Anlagen abgezogen werden. Bei der installierten elektrischen Leistung muss zusätzlich noch die Leistungsänderung von Bestandsanlagen berücksichtigt werden. Die Inbetriebnahmen, die Stilllegungen, die Leistungsänderungen und als Summe der Netto-Zubau sind für die einzelnen Energieträger im Zeitverlauf von 2017 bis zum ersten Halbjahr 2022 in Tabelle 7 (Anlagenzahl) und in Tabelle 8 (installierte Leistung) dargestellt.

**Tabelle 7: Neu in Betrieb genommene und stillgelegte erneuerbare Energieanlagen in Hessen sowie Netto-Zubau 2017 bis 1. Halbjahr 2022 (Anzahl)**

Energieträger	Kategorie	2017	2018	2019	2020	2021	1. Halbjahr 2022
Biomasse*	Inbetriebnahme	+5	+9	+7	+4	+5	+3
	Stilllegung	-3	-2	-1	-7	-3	-
	Netto-Zubau	+2	+7	+6	-3	+2	+3
Photovoltaik	Inbetriebnahme	+4.665	+4.860	+6.547	+11.731	+15.054	+9.960
	Stilllegung	-	-	-6	-29	-83	-65
	Netto-Zubau	+4.665	+4.860	+6.541	+11.702	+14.971	+9.895
Wasserkraft	Inbetriebnahme	+17	+5	+6	+3	-	+1
	Stilllegung	-	-	-	-	-	-
	Netto-Zubau	+17	+5	+6	+3	0	+1
Windenergie	Inbetriebnahme	+103	+76	+4	+28	+19	+2
	Stilllegung	-	-7	-4	-2	-6	-
	Netto-Zubau	+103	+69	0	+26	+13	+2
<b>Gesamt</b>	<b>Inbetriebnahme</b>	<b>+4.790</b>	<b>+4.950</b>	<b>+6.564</b>	<b>+11.766</b>	<b>+15.078</b>	<b>+9.966</b>
	<b>Stilllegung</b>	<b>-3</b>	<b>-9</b>	<b>-11</b>	<b>-38</b>	<b>-92</b>	<b>-65</b>
	<b>Netto-Zubau</b>	<b>+4.787</b>	<b>+4.941</b>	<b>+6.553</b>	<b>+11.728</b>	<b>+14.986</b>	<b>+9.901</b>

\* inklusive Klär- und Deponiegas

Quelle: ÜNB 2021, BNetzA 2022a; LIS-A 2022a, Zusammenstellung und Berechnungen der Hessen Agentur.

**Tabelle 8: Neu in Betrieb genommene und stillgelegte Leistung sowie Leistungsänderung und Netto-Zubau von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen 2017 bis 1. Halbjahr 2022 (in MW)**

Energieträger	Kategorie	2017	2018	2019	2020	2021	1. Halbjahr 2022
Biomasse*	Inbetriebnahme	+0,6	+0,4	+3,5	+2,5	+0,4	+0,3
	Stilllegung	-2,3	-1,3	-0,3	-6,2	-7,1	-
	Leistungsänderung	+8,1	+8,5	+10,0	+9,6	+2,8	+0,5
	Netto-Zubau	+6,5	+7,6	+13,2	+5,8	-3,9	+0,8
Photovoltaik	Inbetriebnahme	+73,3	+113,6	+156,2	+223,5	+237,9	+211,0
	Stilllegung	-	-	-0,03	-0,7	-0,5	-0,9
	Leistungsänderung	-	-	-	-	-	-
	Netto-Zubau	+73,3	+113,6	+156,1	+222,9	+237,4	+210,1
Wasserkraft	Inbetriebnahme	+1,2	+0,3	+0,25	+0,2	-	+0,3
	Stilllegung	-	-	-	-0,2	-	-
	Leistungsänderung	+0,03	+0,02	+0,19	-	-	-
	Netto-Zubau	+1,3	+0,3	+0,4	-0,0	0,0	+0,3
Windenergie	Inbetriebnahme	+300,4	+232,0	+13,8	+88,7	+61,7	+7,5
	Stilllegung	-	-5,8	-1,8	-2,0	-3,4	-
	Leistungsänderung	-	-	-	-	-	-
	Netto-Zubau	+300,4	+226,2	+12,0	+86,7	+58,3	+7,5
<b>Gesamt</b>	<b>Inbetriebnahme</b>	<b>+375,6</b>	<b>+346,3</b>	<b>+173,7</b>	<b>+314,9</b>	<b>+300,1</b>	<b>+219,0</b>
	<b>Stilllegung</b>	<b>-2,3</b>	<b>-7,1</b>	<b>-2,1</b>	<b>-9,1</b>	<b>-11,0</b>	<b>-0,9</b>
	<b>Leistungsänderung</b>	<b>+8,2</b>	<b>+8,5</b>	<b>+10,2</b>	<b>+9,6</b>	<b>+2,8</b>	<b>+0,5</b>
	<b>Netto-Zubau</b>	<b>+381,5</b>	<b>+347,7</b>	<b>+181,8</b>	<b>+315,3</b>	<b>+291,8</b>	<b>+218,6</b>

\* inklusive Klär- und Deponiegas

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: ÜNB 2021, BNetzA 2022a, LIS-A 2022a, Zusammenstellung und Berechnungen der Hessen Agentur.

Mit Blick auf den Zeitraum von 2017 bis 2021 fällt auf, dass mit Ausnahme des Jahres 2019 ein Netto-Zubau in der Größenordnung zwischen 300 und 400 MW pro Jahr erreicht wurde, wobei das Jahr 2019 mit einem Netto-Zubau von lediglich 182 MW aus dem Rahmen fällt. In den Jahren 2017 und 2018 konnte mit 382 und 348 MW ein vergleichsweise starker Netto-Zubau beobachtet werden. Nach dem Einbruch im Jahr 2019 auf 182 MW wurde im Jahr 2020 wieder ein Netto-Zubau von 315 MW realisiert. Im Jahr 2021 lag der Netto-Zubau bei 292 MW und damit nur knapp unterhalb von 300 MW. Für das Jahr 2022 ist ein höherer Netto-Zubau als im Jahr 2021 zu erwarten, da im ersten Halbjahr 2022 bereits 219 MW zugebaut wurden.

Mit Blick auf die einzelnen Energieträger zeigt sich ein von Jahr zu Jahr zunehmendes Zubauvolumen beim Energieträger Photovoltaik. Gegenüber dem Jahr 2017 hat sich der jährliche Zubau bis zum Jahr 2021 mehr als verdreifacht. Von 73 MW im Jahr 2017 konnte der Netto-Zubau auf 114 MW im Jahr 2018, 156 MW im Jahr 2019, 223 MW im Jahr 2020 und schließlich 237 MW im Jahr 2021 gesteigert werden. Im ersten Halbjahr 2022 wurde bereits ein Zubau von 210 MW realisiert, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass sich der positive Trend beim Energieträger Photovoltaik fortsetzt und der Vorjahreszubau erneut deutlich übertroffen wird.

Eine aktuell stagnierende Entwicklung ist beim Energieträger Windenergie festzustellen. Während im Jahr 2017 noch 300 MW bzw. 103 Anlagen und im Jahr 2018 immerhin noch 226 MW bzw. 69 Anlagen netto hinzukamen, ist der Netto-Zubau im Jahr 2019 auf 12 MW eingebrochen. In diesem Jahr wurden 4 neue Anlagen in Betrieb genommen und 4 Anlagen stillgelegt, sodass sich die Anlagenzahl nicht veränderte. Im Folgejahr hat sich der Zubau ein wenig erholt und es kamen netto 87 MW bzw. 26 Anlagen hinzu, wobei 28 Anlagen errichtet und zwei stillgelegt wurden. Im Jahr 2021 konnte der Erholungstrend nicht fortgesetzt werden und es kam erneut zu einem Rückgang auf 58 MW. Netto kamen 13 Anlagen hinzu, da 19 Anlagen in Betrieb genommen und 6 Anlagen stillgelegt wurden. Im ersten Halbjahr 2022 wurden 2 Anlagen mit 8 MW zugebaut. Stilllegungen gab es keine.

Das seit 2019 niedrige Zubauvolumen bei Windenergieanlagen ist nicht allein in Hessen zu beobachten, sondern betrifft Gesamtdeutschland. Als Grund dafür können die Folgen des im Jahr 2017 eingeführten Ausschreibungsverfahrens angeführt werden. Darüber hinaus sind insbesondere die zahlreichen Klagen und die damit oft einhergehende Überlastung der Verwaltungsgerichte zu nennen. Diese Situation verschärft sich noch, da mit dem im Dezember 2020 in Kraft getretenen Investitionsbeschleunigungsgesetz nun die erstinstanzliche Zuständigkeit für Streitigkeiten, die Windenergieanlagen mit einer Gesamtgröße von mehr als 50 Metern betreffen, beim

Verwaltungsgerichtshof Kassel liegt. Dadurch kommt es häufig zu einer starken Verzögerung und ggf. auch zu einer Verhinderung von Anlagenvorhaben. Die damit verbundene Planungsunsicherheit wirkt sich negativ auf die Bereitschaft von Projektierern aus, in Windenergieprojekte zu investieren. Zu beachten ist zudem, dass Anlagentypen, die geplant und genehmigt sind, aufgrund der klagebedingten Verzögerung unter Umständen nicht mehr auf dem Markt verfügbar sind und deshalb nicht mehr realisiert werden können.

Um den Ausbau der Windenergie zu beschleunigen, wurde im Sommer 2022 auf Bundesebene ein neues Gesetzespaket geschnürt. So erhalten die einzelnen Bundesländer nun verbindliche Flächenziele für die Ausweisung von Windenergie. Die Vorgabe für Hessen lautet 1,8 Prozent der Landesfläche bis Ende des Jahres 2027 und 2,2 Prozent der Landesfläche bis Ende des Jahres 2032. Hessen hat sein Ziel für 2027 bereits jetzt erreicht (siehe Abschnitt zu den Windvorranggebieten auf S. 59). Darüber hinaus beinhaltet das Gesetzespaket auch Änderungen des Bundesnaturschutzgesetzes und Änderungen bei Regelungen im Baugesetzbuch. Dies soll vor allem zu einer Beschleunigung der Planungs- und Genehmigungsverfahren führen und mehr Rechtssicherheit schaffen.

Beim Energieträger Biomasse ist im Zeitverlauf ein Netto-Zubau auf einem niedrigen Niveau zu beobachten. In den Jahren 2017 und 2018 lag der Netto-Zubau bei 7 MW bzw. 8 MW. Im Jahr 2019 wurde mit 13 MW ein vergleichsweise hoher Wert erreicht, der im Jahr 2020 wieder auf 6 MW abfiel. Im Jahr 2021 war der Netto-Zubau erstmalig sogar negativ, d. h. es wurde mehr elektrische Leistung stillgelegt als zugebaut. Dies ist auf die Stilllegung einer großen 7-MW-Anlage in Wiesbaden zurückzuführen. Im ersten Halbjahr 2022 konnte ein Netto-Zubau von einem MW verzeichnet werden. Der Großteil des Netto-Zubaus ist auf Leistungsänderungen von Bestandsanlagen zurückzuführen, zum Beispiel durch das Ersetzen eines älteren Generators durch einen neuen und leistungsstärkeren. In den Jahren 2017 bis 2021 konnten somit jeweils zwischen 8 und 10 MW hinzugewonnen werden. Im Jahr 2021 waren dies nur rund 3 MW. Für das erste Halbjahr 2022 belaufen sich die Leistungsänderungen auf 0,5 MW.

Der Energieträger Wasserkraft spielt beim Zubau von erneuerbaren Energieanlagen so gut wie keine Rolle. Zwischen den Jahren 2017 und 2020 konnte mit 1,3 MW, 0,3 MW und 0,4 MW nur wenig elektrische Leistung netto zugebaut werden. Im Jahr 2021 ist keinerlei Veränderung im Bestand zu beobachten. Im ersten Halbjahr 2022 kam eine Anlage mit 0,3 MW hinzu.

Ein Faktor, der in Zukunft verstärkt in den Blick genommen werden muss, sind die Stilllegungen von erneuerbaren Energieanlagen. Durch Auslaufen der EEG-Förderung bei älteren Anlagen kann es dazu kommen, dass sich

der Weiterbetrieb der Anlage ggf. nicht mehr rentiert und die Anlage stillgelegt wird. Bei der Windenergie kommt hinzu, dass ein Repowering von Anlagen in einigen Fällen nicht möglich sein wird, da sich der Standort außerhalb eines Windvorranggebiets befindet. So endet im Jahr 2022 bei 236 Windenergieanlagen die EEG-Förderung. Davon stehen 186 Anlagen außerhalb von Windvorranggebieten (HMWEVW, HMUKLV 2022). Allerdings hat der Bundesgesetzgeber kürzlich durch Anpassungen des Baugesetzbuches (BauGB) auch Repowering außerhalb von Windvorranggebieten zugelassen.

Im Jahr 2021 wurden sechs Windenergieanlagen mit einer elektrischen Leistung von insgesamt 3,4 MW stillgelegt. Darüber hinaus wurden drei Biomasseanlagen mit einer elektrischen Leistung von 7,1 MW und 83 Photovoltaikanlagen mit einer elektrischen Leistung von 0,5 MW stillgelegt. Stilllegungen von Wasserkraftanlagen wurden nicht verzeichnet.

### Förderung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen

Seit dem Jahr 2015 müssen sich große Photovoltaik-Freiflächenanlagen ab einer Leistung von 750 kW an einem eigens eingerichteten Ausschreibungsverfahren der Bundesnetzagentur beteiligen, um von der EEG-Förderung profitieren zu können. Ab dem Jahr 2021 gilt dies auch für entsprechende Photovoltaikanlagen auf Gebäuden oder auf Lärmschutzwänden, für die ebenfalls ein Ausschreibungsverfahren eingerichtet wurde. Bis zum Jahr 2020 bestand neben der Teilnahme am technologiebezogenen Ausschreibungsverfahren auch die Möglichkeit zur Teilnahme an einer gemeinsamen Ausschreibung für Windenergieanlagen an Land und Solaranlagen.

Das Prinzip, Volumen auszuschreiben, funktioniert wie folgt: Ein bestimmtes Ausbauvolumen wird vorgegeben, auf das sich Projektierer von Anlagen mit EEG-Vergütungssätzen bewerben können. Die Anlagen mit den niedrigsten Vergütungssätzen erhalten den Zuschlag bis das ausgeschriebene Ausbauvolumen erreicht ist. Bis Juni des Jahres 2022 wurden im Rahmen der drei Ausschreibungsverfahren bundesweit Zuschläge in Höhe von rund 10.116 MW erteilt.

In den insgesamt 38 Runden der drei Ausschreibungsverfahren im Zeitraum von 2015 bis zum Juni 2022 haben sich 139 hessische Photovoltaikprojekte beteiligt.

Die elektrische Leistung der hessischen Gebote summiert sich auf 554 MW (siehe Tabelle 9). Einen Zuschlag haben 56 Projekte mit einer Leistung von insgesamt 205 MW bekommen. Projekte, die keinen Zuschlag erhalten haben, können in späteren Ausschreibungsrunden erneut teilnehmen.

Bei den 139 Projekten, die sich an den Ausschreibungsverfahren beteiligt haben, handelte es sich bei 55 Projekten mit einer Leistung von 280 MW um Photovoltaikanlagen auf benachteiligten Gebieten. Davon wurden 16 Projekte mit einer Leistung von 88 MW bezuschlagt.<sup>11</sup>

**Tabelle 9: Gebote und Zuschläge von hessischen Photovoltaikanlagen im Rahmen von Ausschreibungen von Solaranlagen**

Ausschreibungsrunde	Anzahl Gebote	Gebotsmenge (in MW)	Anzahl Zuschläge	Zuschlagsmenge (in MW)
2015	8	17,0	4	7,2
2016	0	0,0	0	0,0
2017	5	21,6	1	2,9
2018	2	8,9	1	4,5
2019	44	188,0	13	47,3
2020	39	172,2	11	49,6
2021	29	87,3	14	34,7
2022*	12	59,1	12	59,1
<b>Summe</b>	<b>139</b>	<b>554,1</b>	<b>56</b>	<b>205,3</b>

\* beinhaltet Ausschreibungsrunden bis Juni 2022

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: BNetzA 2022l, 2022m, 2022n.

### Genehmigungen von Windenergieanlagen

Zur Errichtung einer Windenergieanlage wird eine Genehmigung nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) benötigt. Ausgenommen hiervon sind lediglich Kleinwindanlagen mit einer Gesamthöhe von weniger als 50 Metern. Für die Genehmigungen nach BImSchG sind die Regierungspräsidien in Hessen zuständig. Sobald eine Anlage genehmigt oder ein Genehmigungsverfahren eröffnet wurde, werden diese

<sup>11</sup> Durch die hessische Freiflächenanlagenverordnung wird seit dem 30. November 2018 der Bau von Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf benachteiligten Gebieten ermöglicht. Vor Inkrafttreten der Verordnung waren die entsprechenden Anlagen nur entlang von Autobahnen und Schienenstrecken sowie auf Konversionsflächen erlaubt. Benachteiligte Gebiete sind Flächen, auf denen landwirtschaftliche Produktion nur erschwert möglich ist oder die nur bedingt ertragreich sind. Eine interaktive Karte der landwirtschaftlich benachteiligten Gebiete in Hessen findet sich auf <https://hessen.carto.com/u/landesplanunghessen/builder/91a99f62-bdf8-4bc7-9653-af2d280ef88c/embed?cookies=0>.

Informationen im Länderinformationssystem für Anlagen (LIS-A 2022a) erfasst. Insbesondere über die Zahl der genehmigten, aber nicht in Betrieb befindlichen Windenergieanlagen kann abgeschätzt werden, mit welchem Zubau kurz- bis mittelfristig gerechnet werden kann.

In LIS-A (Stichtag 15. Juli 2022) sind insgesamt 52 Anlagen mit einer geplanten elektrischen Leistung von 235 MW verzeichnet, die genehmigt und bei denen keine Klagen anhängig sind. Die Zahl der geplanten Windenergieanlagen, die das Genehmigungsverfahren durchlaufen, liegt bei 344 Anlagen mit einer geplanten Leistung von 1.634 MW. Darüber hinaus gibt es noch 138 beklagte Windenergieanlagen. Bei 64 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 215 MW wird der bestehende Ablehnungsbescheid beklagt und bei 74 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 334 MW der bestehende Genehmigungsbescheid (LIS-A 2022a).

In Tabelle 10 ist die Zahl der Genehmigungen von Windenergieanlagen für die Jahre 2019 bis zum ersten Halbjahr 2022 dargestellt. Im Jahr 2019 wurden 25 Windenergieanlagen genehmigt. Im Jahr 2020 sank die Zahl auf 15 ab. Im Jahr 2021 stieg die Zahl der Genehmigungen deutlich an. Es wurden 45 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 185 MW genehmigt. Im ersten Halbjahr 2022 wurden 33 Anlagen mit einer Leistung von 182 MW genehmigt und – bezogen auf die genehmigte Leistung – damit bereits fast so viel wie im gesamten Jahr 2021. In Tabelle 10 ist auch dargestellt, wie viele der jeweils genehmigten Anlagen zum Stichtag 15. Juli 2022 beklagt waren und wie viele Anlagen in Betrieb sind. Mit Blick auf das Jahr 2021 zeigt sich, dass 20 der 45 Anlagen beklagt sind. Von den im ersten Halbjahr 2022 genehmigten 33 Windenergieanlagen sind 18 beklagt.

**Tabelle 10: Jährliche Genehmigungen von Windenergieanlagen in Hessen 2018 bis 2021**

	2019	2020	2021	1. HJ 2022
Genehmigte Anlagen	25	15	45	33
Genehmigte Leistung (in MW)	114,8	70,2	184,6	181,8
darunter:				
beklagte Anlagen*	12	8	20	18
beklagte Leistung*	55,9	40,8	83,1	100,8
Anlagen in Betrieb*	10	1	0	0
Leistung in Betrieb*	42,1	3,3	0,0	0,0

\* zum Stichtag 15. Juli 2022

Quelle: LIS-A 2022a.

Bei den im Jahr 2021 genehmigten Anlagen dauerte es im Durchschnitt 56,7 Monate zwischen Einreichung der Antragsunterlagen und dem Datum der Genehmigungserteilung. Die durchschnittliche Dauer zwischen vollständigem Vorliegen der Antragsunterlagen und Datum der Genehmigungserteilung lag bei 27,4 Monaten. Im Vorjahr waren die Genehmigungsverfahren wesentlich kürzer. So betrug im Jahr 2020 die durchschnittliche Verfahrensdauer ab Antragstellung 24,8 Monate und die Verfahrensdauer ab Vollständigkeit der Unterlagen 10,1 Monate. Ähnliche Werte wurden mit 22,3 bzw. 10,7 Monaten auch im Jahr 2019 erreicht. Die sehr hohe durchschnittliche Verfahrensdauer im Jahr 2021 ist auf spezielle Verfahren zurückzuführen, die im Jahr 2021 beendet wurden. So dauerte u. a. das Genehmigungsverfahren für den Windpark Gaishecke (insgesamt zehn Windenergieanlagen in Heringen, Wildeck und Friedewald) länger als fünf Jahre (LIS-A 2022b).

Damit eine Windenergieanlage realisiert werden kann, ist neben dem erfolgreichen Durchlaufen des behördlichen Genehmigungsverfahrens auch die erfolgreiche Teilnahme an einem Ausschreibungsverfahren der Bundesnetzagentur Voraussetzung. Die Ausschreibungsverfahren wurden im Jahr 2017 eingeführt. Bezweckt wird dadurch die Ermittlung der finanziellen Förderung von Windenergieanlagen im Rahmen der EEG-Vergütung auf Basis von marktwirtschaftlichen Prinzipien. Hierfür wird ein festgelegtes Ausbauvolumen von der BNetzA ausgeschrieben. Projektierer von Windenergieanlagen können sich mit geplanten Projekten unter Angabe einer benötigten EEG-Vergütung darauf bewerben. Es erhalten diejenigen Projekte einen Zuschlag, die den niedrigsten EEG-Vergütungssatz angegeben haben.

**Tabelle 11: Gebote und Zuschläge von hessischen Windenergieprojekten im Rahmen der Ausschreibungen von Windenergie an Land**

Jahr	Anzahl Gebote	Gebotsmenge (in MW)	Anzahl Zuschläge	Zuschlagsmenge (in MW)
2017	43	534,0	11	166,0
2018	18	189,0	18	189,0
2019	11	68,0	11	68,0
2020	6	80,8	5	72,4
2021	16	206,5	15	172,0
2022*	8	143,9	8	143,9
<b>Summe</b>	<b>102</b>	<b>1.222,2</b>	<b>68</b>	<b>811,3</b>

\* beinhaltet Ausschreibungsrunden Februar und Mai 2022  
Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: BNetzA 2022d.

In den insgesamt 25 Runden seit dem Beginn des Ausschreibungsverfahrens im Jahr 2017 bis zum Ende des ersten Halbjahres 2022 haben in Summe 102 hessische Projekte mit einer Gebotsmenge von 1.222,2 MW teilgenommen (siehe Tabelle 11). Bezuschlagt wurden 68 hessische Projekte mit einer elektrischen Leistung von 811,3 MW. Deutschlandweit wurden beim Ausschreibungsverfahren für Windenergie an Land Gebote in Höhe von 21.579 MW eingereicht. Davon wurden 15.240 MW bezuschlagt.

Von den 59 hessischen Projekten, die seit 2018 teilgenommen haben, wurden nur zwei Projekte nicht berücksichtigt. Alle anderen Projekte haben einen Zuschlag erhalten. Die niedrige Zuschlagsquote im Jahr 2017 ist darauf zurückzuführen, dass Projekte von Bürgerenergiegesellschaften auch ohne durchlaufen des Genehmigungsverfahrens am Ausschreibungsverfahren teilnehmen durften. Die Folge war, dass durch diese Regelung eine Vielzahl von Projekten einen Zuschlag erhalten haben, deren Realisierung noch ungewiss war. Im Jahr 2018 wurde diese Regelung wieder zurückgenommen, sodass fortan auch Bürgerenergiegesellschaften eine BImSchG-Genehmigung bei Gebotsabgabe nachweisen mussten.

### Windvorranggebiete

Das Land Hessen hat sich das energiepolitische Ziel gesetzt, Flächen in der Größenordnung von 2 Prozent der Landesfläche für die Nutzung der Windenergie in den Regionalplänen festzulegen. Innerhalb der in den Regionalplänen als „Vorranggebiet zur Nutzung der Windenergie“ (Windvorranggebiete) festgelegten Gebiete hat die Windenergienutzung Vorrang, entgegenstehende Nutzungen sind nicht zulässig. Außerhalb der Vorranggebiete ist die Inbetriebnahme von Anlagen ausgeschlossen. Dies gilt auch für Repoweringprojekte.

In allen drei Planungsregionen, d. h. in Nordhessen, in Mittelhessen und in Südhessen, wurden derartige Windvorranggebiete mittlerweile beschlossen. In der Region Nordhessen gibt es 169 Windvorranggebiete mit einer Gesamtfläche von rund 16.700 Hektar. Das entspricht einem Anteil von 2,0 Prozent an der Regionsfläche (siehe RP Kassel 2017). In der Region Mittelhessen wurden 127 Flächen mit ca. 12.100 Hektar als Windvorranggebiet festgelegt. Das entspricht einem Anteil an der Regionsfläche von 2,2 Prozent (siehe RP Gießen 2017). In der Region Südhessen wurden 122 Windvorranggebiete mit 11.175 Hektar festgelegt. Der Anteil der als Windvorranggebiet festgelegten Regionsfläche beläuft sich auf 1,5 Prozent (siehe RP Darmstadt 2020).

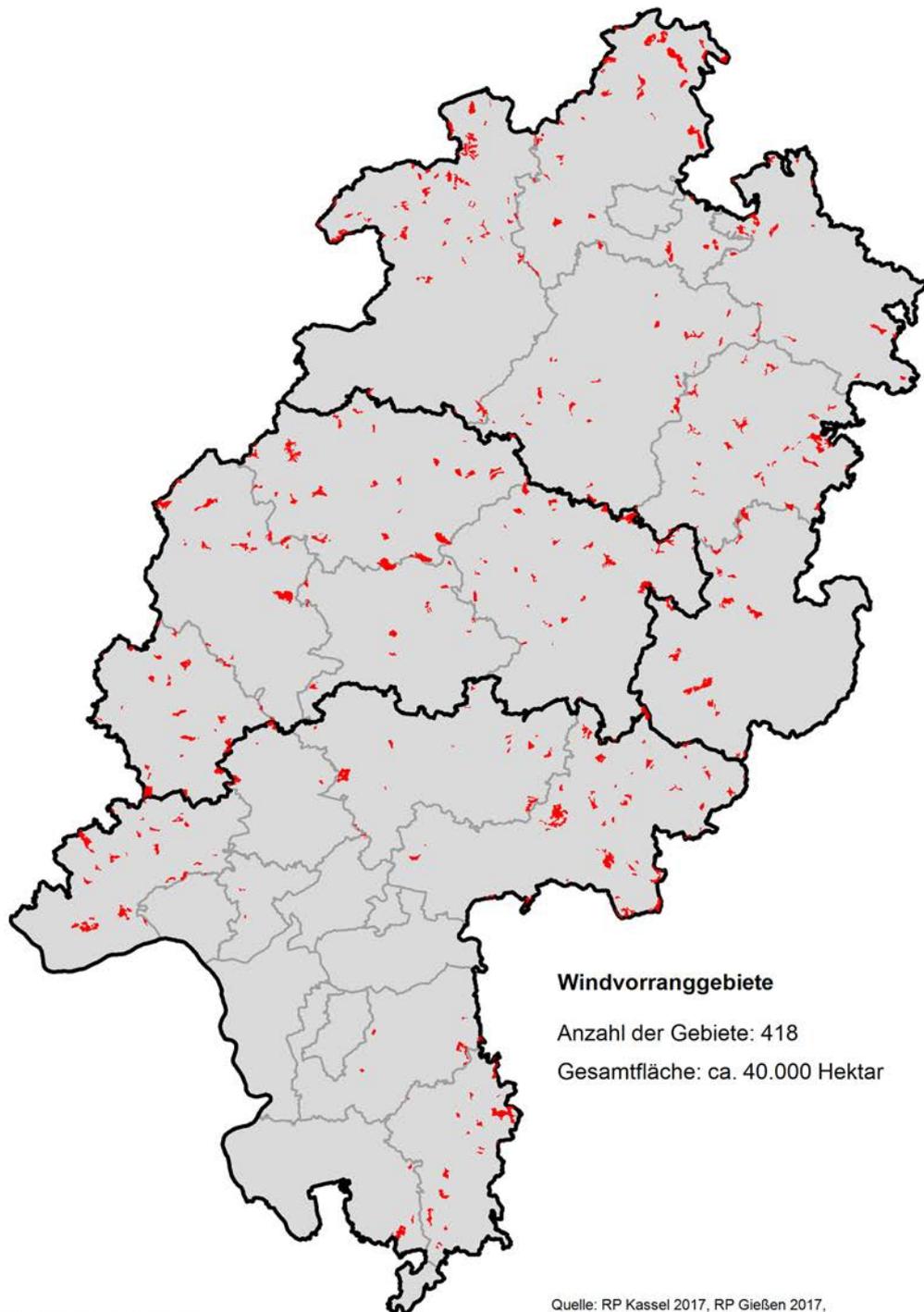
Die Zahl der Windvorranggebiete – summiert über alle drei hessischen Planungsregionen – beträgt demnach 418 mit einer Fläche von aufgerundet 40.000 Hektar. Auf die

Gesamtfläche von Hessen bezogen (2,1 Mio. Hektar) entspricht dies einem Anteil von 1,9 Prozent. Damit ist das bisher in Hessen angestrebte Zwei-Prozent-Ziel nahezu erreicht. Das durch die Bundesgesetzgebung (WindBG 2022) vorgegebene Ziel von 1,8 Prozent bis zum Ende des Jahres 2027 ist sogar übererfüllt. Bis zum Ende des Jahres 2032 müssen in Hessen 2,2 Prozent der Landesfläche für Windenergie zur Verfügung stehen. Das entspricht ca. 46.500 Hektar. Durch das Land Hessen müssen daher in den kommenden 10 Jahren weitere 6.500 Hektar als Windvorranggebiete ausgewiesen werden. Abbildung 36 gibt eine Übersicht über die Verteilung der aktuell planerisch festgelegten Windvorranggebiete in Hessen.

Durch die Festlegung von Windvorranggebieten ist die Errichtung von Windenergieanlagen außerhalb dieser Flächen ausgeschlossen. Von den 1.120 Windenergieanlagen, die nach BImSchG genehmigungspflichtig und am 31. Dezember 2021 in Betrieb waren, befinden sich 43 Prozent der Anlagen bzw. 32 Prozent der installierten elektrischen Leistung außerhalb der Windvorranggebiete (LIS-A 2022a). Mittel- bis langfristig ist daher davon auszugehen, dass einige dieser – meist älteren – Anlagen stillgelegt werden, da mit Auslaufen der EEG-Förderung der Weiterbetrieb der Anlagen aufgrund von Wartungs- und Reparaturkosten für manche Anlagenbetreiber unrentabel werden dürfte. Im Jahr 2022 endet für 236 Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von 161,9 MW die EEG-Förderung. Davon stehen 186 mit einer installierten elektrischen Leistung von 129,7 MW außerhalb von Windvorranggebieten (HMWEVW, HMUKLV 20Seite\_61). Bezogen auf die Anlagenzahl entspricht dies einem Wert von knapp 80 Prozent. Vor diesem Hintergrund kommt dem Zubau von neuen Windenergieanlagen innerhalb von Windvorranggebieten und einer optimalen flächenmäßigen Ausnutzung der Windvorranggebiete eine hohe Bedeutung im Rahmen der Energiewende zu. Es bleibt abzuwarten, wie die neuen Möglichkeiten zum Repowering außerhalb von Windvorranggebieten wirken werden.

Bei Verschneidung der Standorte des Windenergieanlagenbestands mit der Lage der Windvorranggebiete zeigt sich, dass mit 279 Windvorranggebieten noch zwei Drittel der Flächen gänzlich unbelegt sind. Bei Aufsummierung der Flächen dieser noch nicht durch Windenergieanlagen belegten Windvorranggebiete ergeben sich rund 23.000 Hektar, die für die Errichtung von Windenergieanlagen zur Verfügung stehen. Darüber hinaus gibt es aber noch zahlreiche Windvorranggebiete, die nur schwach belegt sind und noch ausreichend Platz für neue Windenergieanlagen bieten (siehe hierzu auch die Informationen zum Förderprojekt ANSWER auf S. 126).

Abbildung 36: Windvorranggebiete in Hessen



© HA Hessen Agentur GmbH, 2022  
Kartengrundlage: GfK GeoMarketing

Quelle: RP Kassel 2017, RP Gießen 2017,  
RP Darmstadt 2020,  
Darstellung der Hessen Agentur

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

Nach Schätzung des IE-Leipzig haben erneuerbare Energieanlagen im Jahr 2021 in Summe 7.175 GWh Strom eingespeist (siehe Tabelle 12).<sup>12</sup> Diese Schätzung basiert auf der in Hessen installierten elektrischen Leistung von EEG-Anlagen zum 31. Dezember 2021, da entsprechende Stromerzeugungsdaten zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses nur bis zum Jahr 2020 vorlagen. Aufgrund der deutlich schlechteren Witterungsbedingungen im Jahr 2021 war die Stromeinspeisung mit -14 Prozent gegenüber dem Jahr 2020 stark rückläufig (IE-Leipzig 2021). Deutschlandweit ist die Stromerzeugung durch erneuerbare Energieanlagen von 251,1 TWh im Jahr 2020 auf 233,6 TWh im Jahr 2021 um 7 Prozent zurückgegangen (AGEE-Stat 2022).

**Tabelle 12: Schätzung der eingespeisten Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen nach Energieträgern 2021 (in GWh)**

Energieträger	Strommenge	Anteil (in %)
Biomasse*	1.330,0	18,5%
Photovoltaik	1.886,1	26,3%
Wasserkraft	155,1	2,2%
Windenergie	3.803,9	53,0%
<b>Summe</b>	<b>7.175,2</b>	<b>100,0%</b>

nachrichtlich:

Photovoltaik  
Selbstverbrauch 240,6

\* Biomasse inklusive Klär- und Deponiegas

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: IE-Leipzig 2022.

Mit einem Anteil von 53 Prozent wurde mehr als die Hälfte des eingespeisten Stroms durch Windenergieanlagen erzeugt. Insgesamt waren dies 3.804 GWh. Gut ein Viertel (26 %) bzw. 1.886 GWh des eingespeisten Stroms wurde durch Photovoltaikanlagen produziert. Auf Biomasseanlagen entfielen 1.330 GWh bzw. 19 Prozent der Strommenge und Wasserkraftanlagen haben im

Jahr 2021 155 GWh Strom eingespeist. Das entspricht einem Anteil von 2 Prozent.

## Selbstverbrauch von Photovoltaikstrom und Stromspeicher

Der Selbstverbrauch von Photovoltaikstrom ist derzeit statistisch nicht vollständig erfasst. In den EEG-Daten zur Jahresabrechnung, die von den Übertragungsnetzbetreibern einmal im Jahr veröffentlicht werden (siehe ÜNB 2021), sind alle vergütungsrelevanten Informationen zu den erzeugten Strommengen enthalten. Entsprechend beinhalten die EEG-Daten auch Angaben zum Selbstverbrauch von Photovoltaikanlagen, aber eben nur für den vergütungsrelevanten Selbstverbrauch. Dies trifft für Anlagen zu, die im Zeitraum zwischen Januar 2009 und März 2012 in Betrieb gegangen sind und Anspruch auf eine Vergütung für selbstverbrauchten Strom besitzen. Diese Regelung gilt für später in Betrieb genommene Anlagen nicht mehr. Nur die selbstverbrauchten Strommengen von Anlagen, die ab dem 1. August 2014 neu hinzugekommen sind und eine elektrische Leistung von mindestens 10 kW aufweisen, werden in den EEG-Daten ebenfalls noch erfasst. Grund ist, dass diese Anlagen EEG-umlagepflichtig sind und die selbstverbrauchte Strommenge deshalb vergütungsrelevant ist. Für alle anderen Photovoltaikanlagen, also für Anlagen mit Inbetriebnahmedatum nach März 2012 und einer Leistung von weniger als 10 kW, ist die tatsächlich produzierte und selbst verbrauchte Strommenge unbekannt. Hierbei handelt es sich überwiegend um Anlagen von privaten Haushalten.

Die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik hat deshalb eine Methode entwickelt, um den nicht erfassten Selbstverbrauch von Photovoltaikanlagen abschätzen zu können.<sup>13</sup> Auf Basis dieser Methode hat das IE-Leipzig die selbst verbrauchte Strommenge von Photovoltaikanlagen für das Jahr 2021 berechnet. Demnach kommt auf die eingespeiste Strommenge von 1.886,1 GWh noch ein Selbstverbrauch in Höhe von 240,6 GWh hinzu (siehe Tabelle 12). In Summe liegt die Stromproduktion der Photovoltaikanlagen damit bei 2.126,7 GWh.

In Zukunft ist bei Photovoltaikanlagen mit einem ansteigenden Anteil an Selbstverbrauch zu rechnen. Ein Grund hierfür ist der zuletzt stark gestiegene Strompreis für

<sup>12</sup> Hier werden ausschließlich EEG-Anlagen betrachtet. Dadurch kommt es zu Abweichungen zu der in Abbildung 23 in Kapitel 4 dargestellten, durch erneuerbare Energien erzeugten Strommenge. Diese Differenz ist darauf zurückzuführen, dass in Abbildung 23 auch der biogene Anteil des Abfalls berücksichtigt wird, der nicht durch das EEG gefördert wird, ebenso wie die nicht EEG-geförderte Wasserkraft. Darüber hinaus ist dort auch ein Teil der selbst verbrauchten und nicht ins Netz eingespeisten Strommenge erfasst. In Tabelle 12 hingegen sind diese Strommengen bis auf den nachrichtlich ausgewiesenen PV-Selbstverbrauch nicht enthalten.

<sup>13</sup> Für Photovoltaikanlagen mit Inbetriebnahme zwischen 1. April 2012 und 31. Dezember 2012 wird ein Selbstverbrauch von 20 Prozent und für Photovoltaikanlagen mit Inbetriebnahme ab 1. Januar 2013 ein Selbstverbrauch von 30 Prozent der Gesamtstromerzeugung angenommen.

Endkunden, der in vielen Fällen die EEG-Einspeisevergütung übersteigen dürfte. Die Folge ist, dass der direkte Selbstverbrauch des produzierten Stroms finanziell attraktiver als die Einspeisung ist. Ein hoher Selbstverbrauchsanteil kann insbesondere dann erreicht werden, wenn die Photovoltaikanlage mit einem Stromspeicher kombiniert wird. Im Marktstammdatenregister wurden im Jahr 2021 deutschlandweit insgesamt 134.453 Stromspeichereinheiten als neu in Betrieb genommen gemeldet. In Hessen sind gemäß den Angaben im Marktstammdatenregister 7.815 Stromspeicher neu hinzugekommen. Damit wurden die Zubauwerte des Vorjahres in Hessen um 57 Prozent und in Deutschland um 59 Prozent übertroffen (BNetzA 2022a).

### Regionale Verteilung der erneuerbaren Energieanlagen

Erneuerbare Energieanlagen sind in großer Zahl in ganz Hessen vorhanden. Obwohl diese Eigenschaft der dezentralen Verteilung typisch für erneuerbare Energieanlagen ist, sind regionale Schwerpunkte erkennbar. Dies resultiert z. B. daraus, dass aufgrund unterschiedlicher Windhöffigkeiten, Siedlungsstrukturen und naturräumlicher Ausstattung nicht alle Teilräume in gleicher Weise für den Aufbau der Windenergie geeignet sind.

Abbildung 37 und Abbildung 38 zeigen die Verteilung der installierten elektrischen Leistung nach Landkreisen und kreisfreien Städten. Während in Abbildung 37 die Informationen kartografisch aufbereitet sind, ist in Abbildung 38 die installierte elektrische Leistung zum besseren Vergleich größensortiert dargestellt.

Der Landkreis mit der meisten installierten elektrischen Leistung an erneuerbaren Energieanlagen ist weiterhin der Vogelsbergkreis. In diesem Landkreis waren zum Ende des Jahres 2021 insgesamt 594 MW elektrische Leistung durch erneuerbare Energieanlagen vorhanden, davon entfällt mit 459 MW der größte Teil (77 %) auf Windenergie. Es folgen mit einigem Abstand der Main-Kinzig-Kreis (461 MW), der Landkreis Waldeck-Frankenberg (455 MW) und der Landkreis Kassel (453 MW). Der Landkreis Marburg-Biedenkopf kommt auf eine elektrische Leistung von 368 MW und der Schwalm-Eder-Kreis auf eine elektrische Leistung von 330 MW.

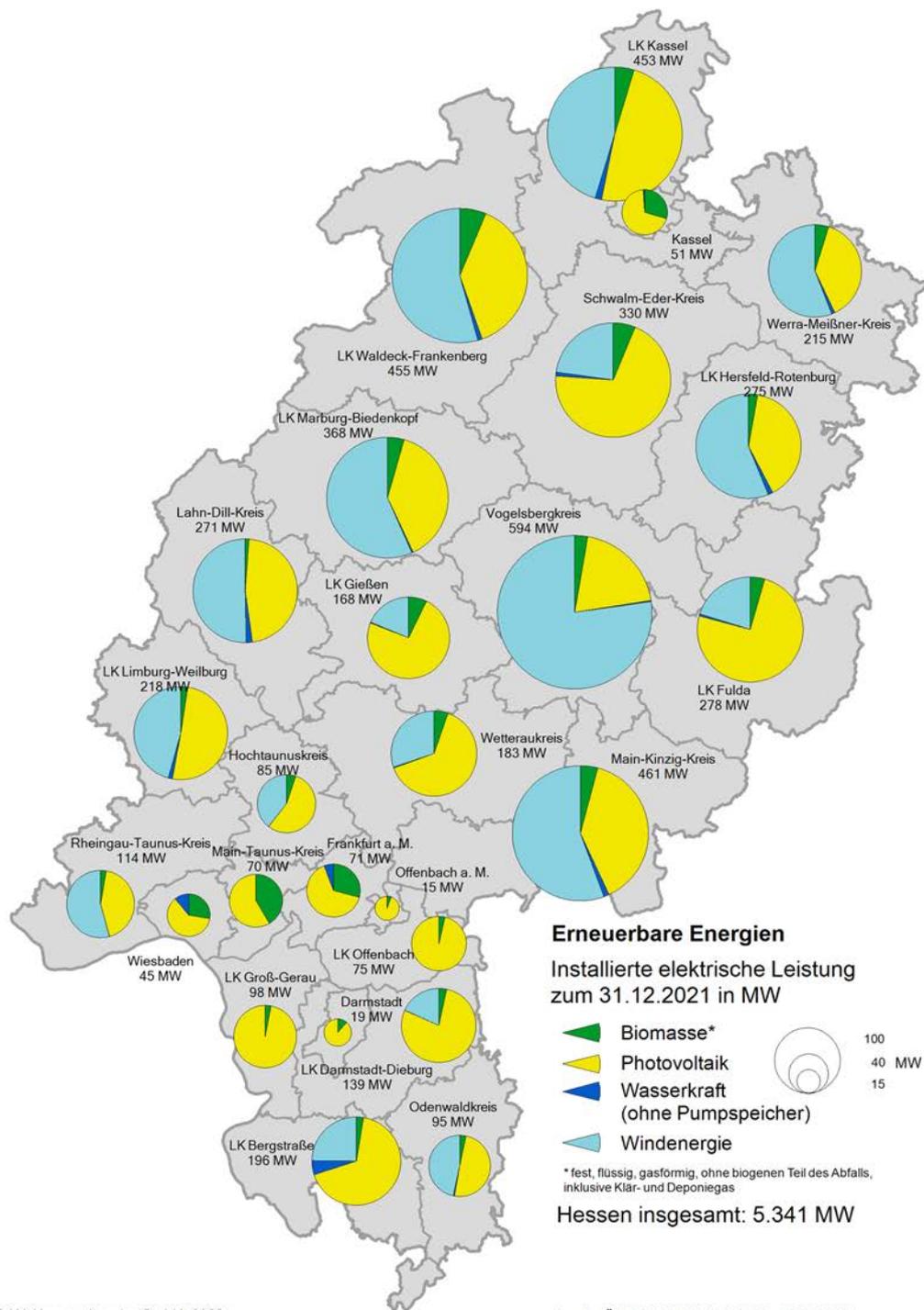
Während in den ländlich geprägten Landkreisen häufig viele Windenergieanlagen existieren und dadurch auch eine hohe installierte elektrische Leistung insgesamt besteht, zeigt Abbildung 37, dass vor allem in den dicht besiedelten kreisfreien Städten in Hessen nur eine geringe installierte elektrische Leistung vorhanden ist. Hier dominieren vor allem die Energieträger Photovoltaik und Biomasse.

Analog zu Abbildung 37 und Abbildung 38 zeigen Abbildung 39 und Abbildung 40 die im Jahr 2021 geschätzte eingespeiste Strommenge von erneuerbaren Energieanlagen nach Landkreisen und kreisfreien Städten in Hessen.

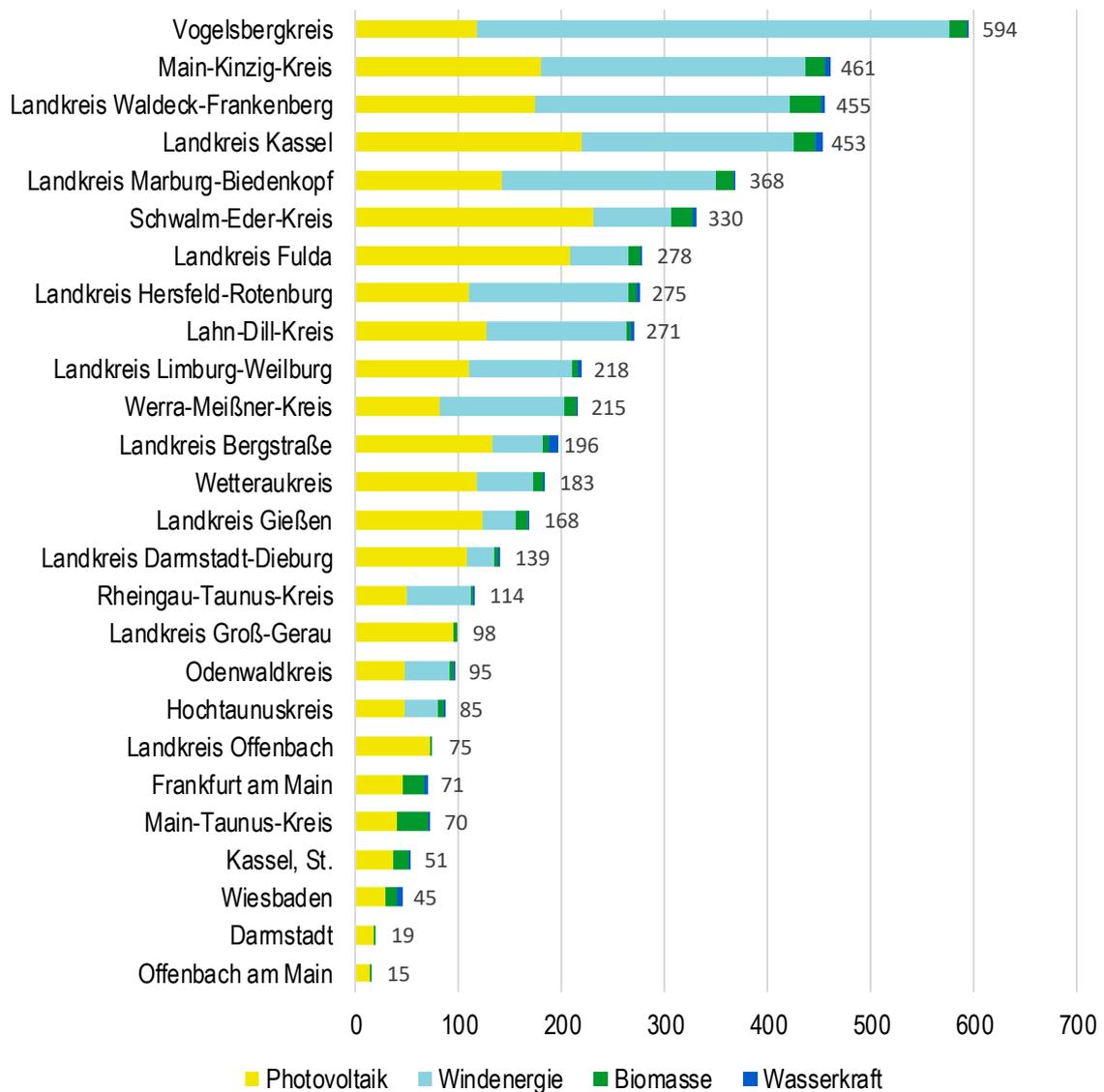
Wie bereits bei der installierten elektrischen Leistung dominiert auch bei der eingespeisten Strommenge der Vogelsbergkreis. Im Jahr 2021 wurden in diesem Landkreis 948 GWh Strom von erneuerbaren Energieanlagen produziert und eingespeist. Es folgen der Main-Kinzig-Kreis mit einer Einspeisung von 621 GWh, der Landkreis Waldeck-Frankenberg mit einer Einspeisung von 620 GWh und der Landkreis Kassel mit einer Einspeisung von 610 GWh. Der Landkreis Marburg-Biedenkopf kommt auf 547 GWh durch von erneuerbaren Energieanlagen eingespeisten Strom.

Eine interaktive Karte mit Daten zur installierten elektrischen Leistung und Stromeinspeisung für die hessischen Gemeinden ist im Internet unter der Adresse <https://wirtschaft.hessen.de/Energie/Daten-Fakten> abrufbar.

**Abbildung 37: Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2021 in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach Energieträgern (in MW)**

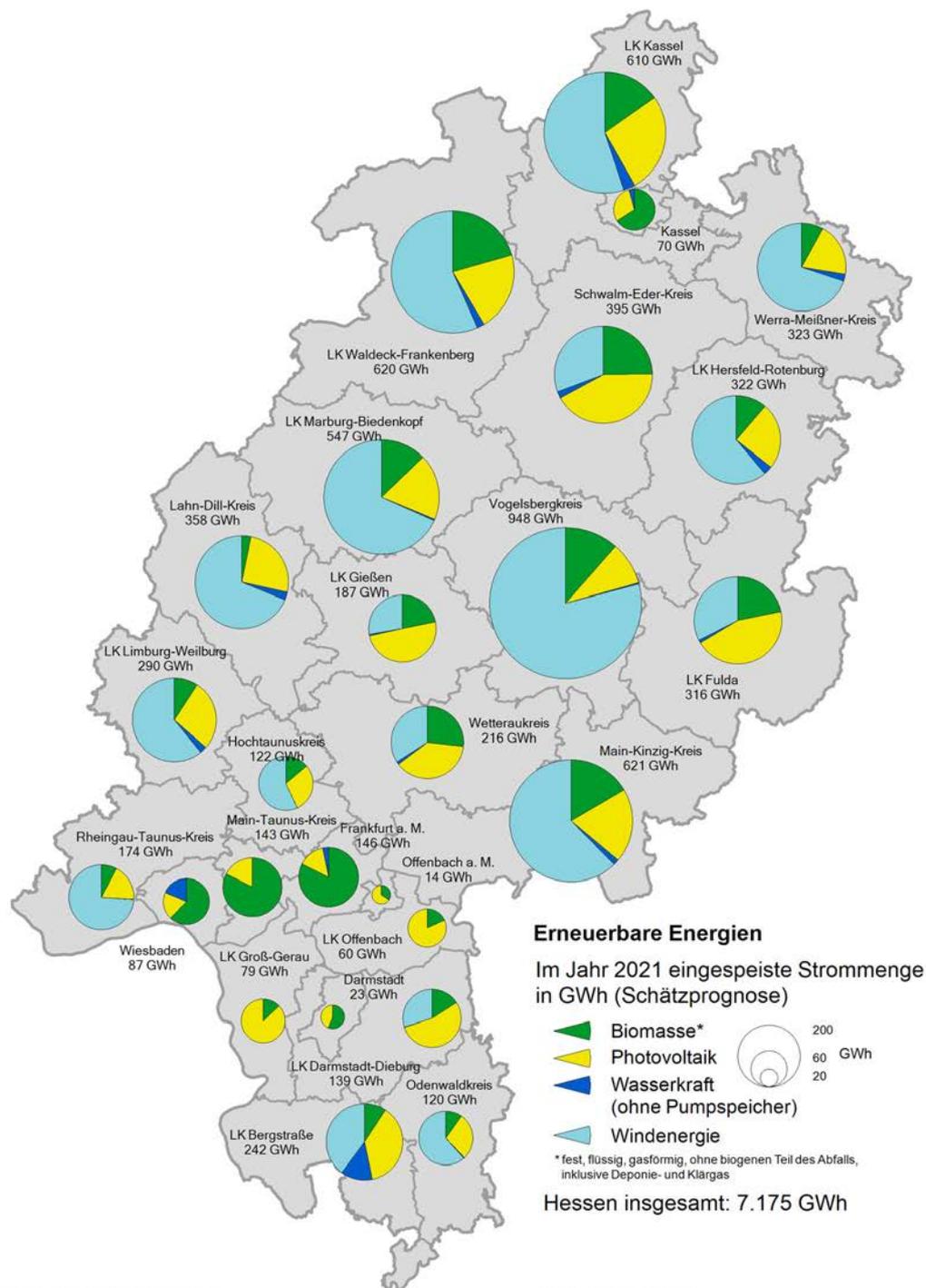


**Abbildung 38: Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten am 31.12.2021 nach erneuerbaren Energieträgern (in MW)**

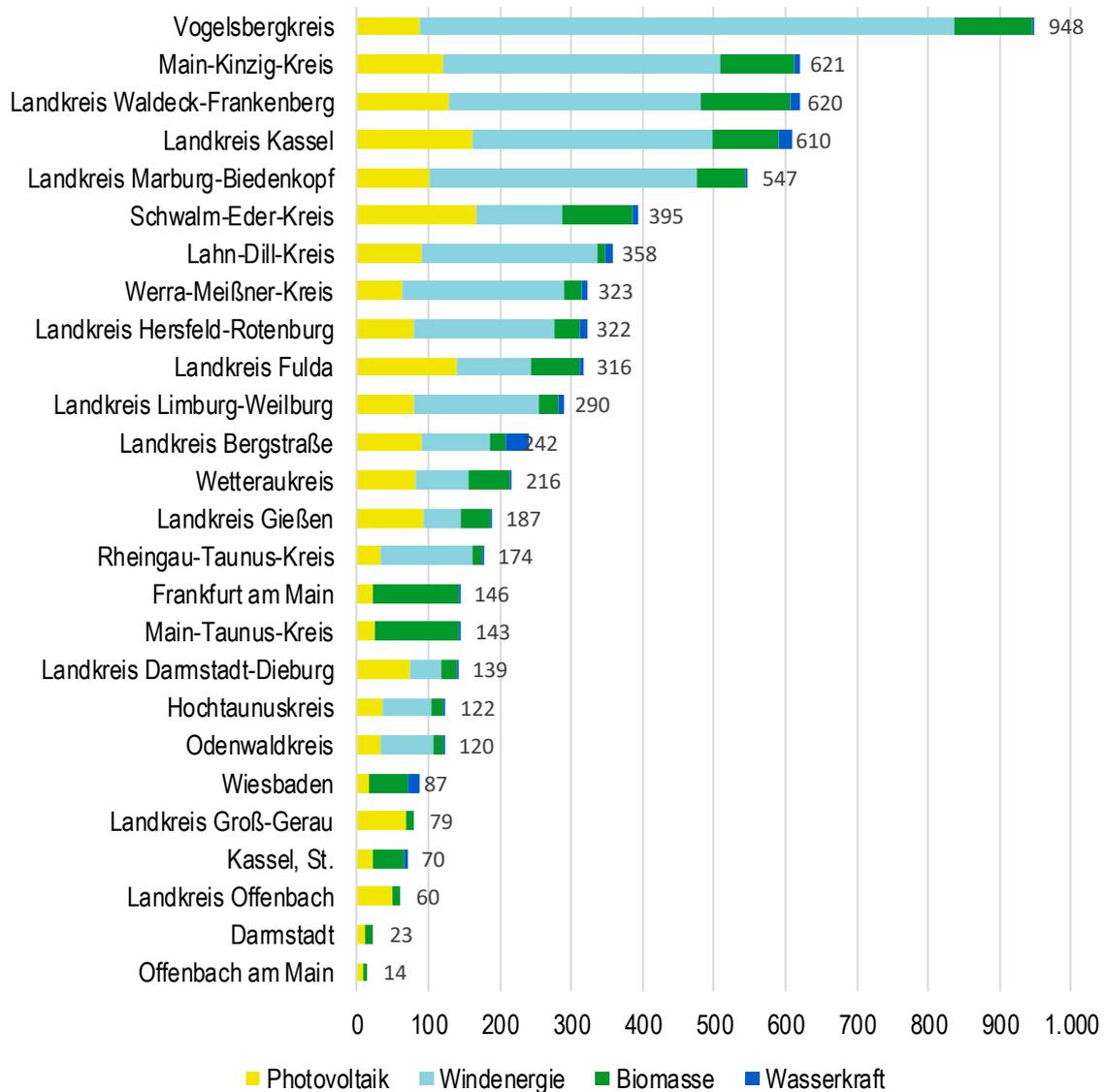


Quelle: ÜNB 2021, BNetzA 2022a, LIS-A 2022a, Zusammenstellung und Berechnungen der Hessen Agentur.

Abbildung 39: Erzeugte und eingespeiste Strommenge von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach Energieträgern 2021 (in GWh)



**Abbildung 40: Erzeugte und eingespeiste Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten im Jahr 2021 nach erneuerbaren Energieträgern (in GWh)**



Quelle: IE-Leipzig 2022.

Die fünf Landkreise mit dem größten Netto-Zubau an installierter elektrischer Leistung von erneuerbaren Energieanlagen sind in Tabelle 13 dargestellt. Der Landkreis Hersfeld-Rotenburg weist im Jahr 2021 den höchsten Zubau erneuerbarer Energien auf. In diesem Landkreis kamen im Jahr 2021 gegenüber dem Vorjahr 47,0 MW an installierter elektrischer Leistung hinzu. Es wurden im Jahr 2021 insgesamt elf Windenergieanlagen in Heringen und Haunetal mit einer installierten elektrischen Leistung von 38,2 MW zugebaut. Zusätzlich wurden Photovoltaikanlagen mit einer elektrischen Leistung von 8,8 MW installiert, darunter eine große Aufdach-Anlage mit einer elektrischen Leistung von 2,4 MW in Bad Hersfeld.

Es folgen die Landkreise Werra-Meißner-Kreis (20,1 MW), Main-Kinzig-Kreis (19,6 MW), Landkreis Fulda (18,7 MW) und der Landkreis Waldeck-Frankenberg (17,3 MW).

**Tabelle 13: Die fünf Landkreise mit dem größten Ausbau elektrischer Leistung von erneuerbaren Energieanlagen 2021**

Rang	Landkreis	Netto-Zubau 2021 (in MW)
1	Landkreis Hersfeld-Rotenburg	47,0
2	Werra-Meißner-Kreis	20,1
3	Main-Kinzig-Kreis	19,6
4	Landkreis Fulda	18,7
5	Landkreis Waldeck-Frankenberg	17,3

Quelle: BNetzA 2022a, LIS-A 2022a, Auswertung der Hessen Agentur.

## 6.2 Konventionelle Energieanlagen zur Stromerzeugung

In den Jahren 2016 bis 2020 ist die Stromproduktion von konventionellen Energieanlagen in Hessen kontinuierlich gesunken. Gleichzeitig ist die Stromerzeugung von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen deutlich angestiegen. Während im Jahr 2016 der Anteil des erneuerbar erzeugten Stroms noch bei 37 Prozent lag, ist der Anteil bis zum Jahr 2020 auf 53 Prozent gestiegen, d. h. mehr als die Hälfte des in Hessen produzierten Stroms wurde erneuerbar erzeugt. Im Jahr 2021 konnte witterungsbedingt deutlich weniger Strom durch die erneuerbaren Energieanlagen in Hessen eingespeist werden.

Dafür kam es das erste Mal seit 2016 wieder zu einem Anstieg der Stromproduktion durch konventionelle Energieanlagen in Hessen. Dadurch wurde im Jahr 2021 wieder etwas mehr Strom durch konventionelle Energieanlagen (51 %) erzeugt als durch erneuerbare Energieanlagen (49 %).

Konventionelle Energieanlagen haben aktuell noch eine sehr hohe Bedeutung für die Versorgungssicherheit, da sie witterungsunabhängig Strom produzieren können. Voraussetzung dafür ist das Vorhandensein der benötigten Energieträger, d. h. vor allem von genügend Erdgas und Kohle. Die bereits umgesetzte Reduktion oder gar die komplette Einstellung von Erdgaslieferungen durch Russland vor dem Hintergrund des Angriffskriegs Russlands in der Ukraine stellt daher ein ernsthaftes Problem dar. Auch wenn einige konventionelle Anlagen – wie beispielsweise das Gasturbinenkraftwerk in Darmstadt – nicht mehr für den Dauerbetrieb unter Volllast vorgesehen sind, werden die Kapazitäten dennoch benötigt, um durch Hochregulierung kurzfristige Stromnachfrageschwankungen ausgleichen zu können. Konventionelle Anlagen haben aktuell also eine wichtige Funktion hinsichtlich der Stabilisierung des Stromnetzes.

Die konventionellen Energieanlagen haben im Jahr 2021 insgesamt 8.458 GWh Strom erzeugt.<sup>14</sup> Davon entfallen 5.337 GWh auf erdgasbetriebene Anlagen, 2.085 GWh auf Kohlekraftwerke und 1.036 GWh auf Anlagen, die sonstige konventionelle Energieträger zur Stromerzeugung nutzen (siehe hierzu auch Abbildung 14 in Kapitel 3.3). Gegenüber dem Vorjahr ist die Stromproduktion durch konventionelle Energieanlagen um 5,7 Prozent angestiegen.

Die Bundesnetzagentur führt die Großkraftwerke mit einer elektrischen Leistung von 10 MW und mehr in einer Kraftwerksliste auf. Für Hessen sind 88 Stromerzeugungseinheiten (z. B. Generatoren, Turbinen) an insgesamt 32 Kraftwerksstandorten genannt. In Summe kommen die in Hessen vorhandenen Großkraftwerke auf eine installierte elektrische Leistung von 3.502 MW. Die einzelnen Kraftwerke sind in Tabelle 14 sortiert nach Energieträgern aufgelistet. Beim Energieträger Erdgas werden nur die größten Anlagen mit einer elektrischen Leistung von über 50 MW dargestellt.

<sup>14</sup> Es handelt sich um die Bruttostromerzeugung von Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von mindestens 1 MW. Die Energieerzeugung aus Abfall wird in der Statistik jeweils zur Hälfte als erneuerbare Energie bzw. fossile Energie definiert.

**Tabelle 14: Anzahl und installierte elektrische Leistung konventioneller Energieanlagen  $\geq 10$  MW in Hessen nach Energieträgern, 2021**

Energieträger*	Anzahl der Anlagen	Anzahl SEE*	Installierte Leistung (in MW)
<b>Erdgas</b>	<b>19</b>	<b>58</b>	<b>1.889</b>
Kraftwerk Staudinger, Block 4		1	622
Kraftwerk Industriepark Höchst		9	272
HKW West Frankfurt (Block 4)		2	150
KW Hattorf Philippsthal (K+S)		7	121
GuD-Heizkraftwerk Rüsselsheim		1	113
KW Wintershall Heringen (K+S)		4	110
GTKW Darmstadt		2	93
Kraftwerk Infraserb, Wiesbaden		2	78
Kraftwerk Volkswagen, Baunatal		6	75
HKW Niederrad Frankfurt		1	70
Kombi-HKW Kassel		3	62
...			
<b>Steinkohle</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>687</b>
Kraftwerk Staudinger, Block 5		1	510
HKW West Block 2 u. 3, Frankfurt		2	66
HKW Offenbach		1	62
<b>Pumpspeicher</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>645</b>
Waldeck 1 u. 2 / Bringhausen		5	480
Hemfurth		2	145
<b>Abfall</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>223</b>
EBS-Verbrennungsanlage F-Höchst		1	47
MHKW Frankfurt		2	28
KHW Witzenhausen		1	26
MHKW Kassel		2	15
MHKW Offenbach		2	15
MHKW Darmstadt		2	11
<b>Braunkohle</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>34</b>
Fernwärmekraftwerk Kassel		1	34
<b>Mineralölprodukte</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>25</b>
Kraftwerk Fulda		8	25
<b>Summe</b>	<b>32</b>	<b>88</b>	<b>3.502</b>

\* SEE: Stromerzeugungseinheiten

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: BNetzA 2022b (Stand: 31.05.2022), Auswertung der Hessen Agentur.

In Hessen gibt es 19 erdgasbetriebene Großkraftwerke mit einer elektrischen Leistung von zusammengerechnet 1.889 MW. Das mit Abstand größte Kraftwerk ist Block 4 des Kraftwerks Staudinger in Großkrotzenburg

mit 622 MW installierter elektrischer Leistung. Mit großem Abstand folgt das Kraftwerk des Industrieparks Frankfurt-Höchst mit einer elektrischen Leistung von 272 MW und Block 4 des Heizkraftwerks West in Frankfurt mit 150 MW. Ebenfalls mehr als 100 MW elektrische Leistung haben das Kraftwerk Hattorf in Philippsthal (121 MW), das GuD Heizkraftwerk Rüsselsheim (113 MW) und das Kraftwerk Wintershall in Heringen (110 MW). Knapp unter 100 MW elektrische Leistung sind im Gasturbinenkraftwerk in Darmstadt (93 MW) installiert. Zwischen 70 und 80 MW elektrische Leistung liefert das Kraftwerk Infraserb in Wiesbaden (78 MW), das Kraftwerk Volkswagen in Baunatal (75 MW) und das Heizkraftwerk Niederrad in Frankfurt (70 MW). Das Kombi-Heizkraftwerk in Kassel kommt auf eine installierte elektrische Leistung von 62 MW.

Der Blick auf die in Hessen vorhandenen Kohlekraftwerke zeigt, dass Block 5 des Kraftwerks Staudinger mit einer elektrischen Leistung von 510 MW das größte Kohlekraftwerk in Hessen ist. Steinkohle wird hier als Energieträger eingesetzt. Darüber hinaus gibt es noch zwei weitere steinkohlebetriebene Heizkraftwerke in Frankfurt und Offenbach mit einer elektrischen Leistung von 66 bzw. 62 MW. In Summe kommen die drei Steinkohlekraftwerke auf eine elektrische Leistung von 687 MW. Darüber hinaus gibt es mit dem Fernwärmekraftwerk in Kassel ein weiteres Kohlekraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 34 MW, in dem Braunkohle eingesetzt wird.

Weitere Energieträger bei konventionellen Großkraftwerken sind Pumpspeicher, Abfall und Mineralölprodukte. Auf die beiden Pumpspeicherwerke am Edersee entfallen 645 MW installierte elektrische Leistung. Mit den sechs Müllheizkraftwerken in Frankfurt, Witzenhausen, Kassel, Offenbach und Darmstadt kommt der Energieträger Abfall auf 223 MW elektrische Leistung. Die einzelnen Kraftwerke verfügen über eine Leistung im Bereich zwischen 10 und 50 MW. Das Kraftwerk Fulda hat eine elektrische Leistung von 25 MW und nutzt Mineralölprodukte zur Stromerzeugung.

Erwartungsgemäß befinden sich die meisten Großkraftwerke in der Nähe von großen Städten, da diese aufgrund der hohen Bevölkerungszahl und der dort angesiedelten Industrie (z. B. Adam Opel AG, Infraserb GmbH & Co. Höchst KG, Volkswagen AG) einen höheren Energiebedarf aufweisen als der ländliche Raum. Es gibt aber auch ländlich gelegene Industriestandorte, die über Großkraftwerke verfügen, z. B. das Unternehmen K+S in Heringen und Philippsthal, die Papierfabrik DS Smith Paper Deutschland in Witzenhausen und die Reifenfabrik Pirelli in Breuberg.

Die Bundesnetzagentur veröffentlicht einmal pro Jahr eine Liste mit dem zu erwartenden Zubau und dem zu erwartenden Rückbau an Kraftwerkskapazitäten (siehe

BNetzA 2022c). Demnach werden in Hessen im Zeitraum von 2022 bis 2025 Kraftwerkskapazitäten in Höhe von 552 MW zugebaut. Das Industrieunternehmen InfraServ GmbH & Co. Höchst KG baut am Standort Frankfurt-Höchst zwei neue erdgasbetriebene Generatoren mit einer elektrischen Leistung von jeweils 87 MW. Des Weiteren soll am Standort des Kernkraftwerks Biblis ein Gasturbinenkraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 378 MW entstehen. Beim zu erwartenden Rückbau von Kraftwerkskapazitäten bis zum Jahr 2025 führt die BNetzA für Hessen den mit Steinkohle betriebenen Block 5 des Kraftwerks Staudinger auf (siehe BNetzA 2022c). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Stilllegung des Kraftwerkblocks infolge des Ergebnisses der 4. Ausschreibungsrunde im Dezember 2021 nach dem Kohleverstromungsbeendigungsgesetz ursprünglich im Mai 2023 erfolgen sollte. Der Übertragungsnetzbetreiber TenneT ist bei der Prüfung der Systemrelevanz im Auftrag der Bundesnetzagentur allerdings zu dem Ergebnis gekommen, dass der Kohleblock derzeit zur Aufrechterhaltung der Netzstabilität und damit zur Versorgungssicherheit des Rhein-Main-Gebietes und Nordbayerns unverzichtbar ist. Folglich wird Block 5 des Kraftwerks Staudinger für den Zeitraum von Mai 2023 bis April 2025 als Netzreservekraftwerk weiterbetrieben.

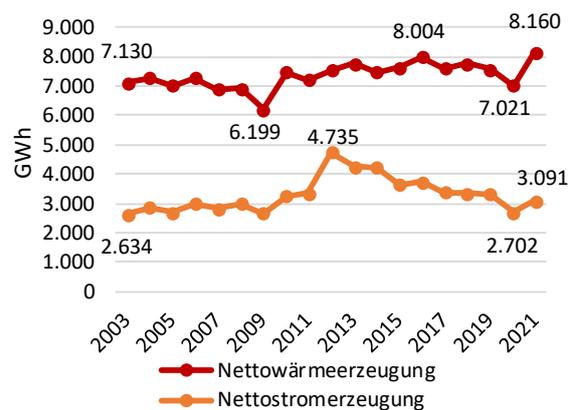
### 6.3 Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung

Unter dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) versteht man die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Nutzwärme bei der Energiegewinnung. Dadurch kommt es zu einer erheblichen Effizienzsteigerung hinsichtlich des eingesetzten Energieträgers, da die bei der Stromerzeugung anfallende Wärme nicht verloren geht. Auch wenn in KWK-Anlagen häufig konventionelle Energieträger wie Erdgas eingesetzt werden, können durch die effiziente Nutzung des Brennstoffs Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden. Keine CO<sub>2</sub>-Emissionen fallen an, wenn in KWK-Anlagen erneuerbare Energieträger wie beispielsweise Biogas eingesetzt werden. Damit stellen KWK-Anlagen einen wichtigen Baustein innerhalb der Energiewende dar.

Große Kraftwerke nutzen üblicherweise das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung und sind daher nicht nur an ein Stromnetz, sondern auch an ein Wärmenetz angeschlossen. Die bei der Stromerzeugung anfallende Wärme wird so den privaten Haushalten als Raumwärme oder der Industrie als Prozesswärme zur Nutzung zugeführt. Die größeren KWK-Kraftwerke der allgemeinen Versorgung mit einer installierten elektrischen Leistung von mehr als 1 MW haben im Jahr 2021 insgesamt 3.091 GWh Strom und 8.160 GWh Wärme produziert (siehe Abbildung 41). Die Nettostromerzeugung durch KWK-Anlagen ist von 2003 bis 2012 angestiegen, erreichte im Jahr 2012 mit 4.735 GWh ihren Maximalwert und war bis zum Jahr 2020 rückläufig. Nach einem ausgeprägten Rückgang im

Jahr 2020 (-19 %) folgte im Jahr 2021 erstmals seit 2012 wieder ein Anstieg (+14 %). Die Nettowärmeerzeugung durch KWK-Anlagen lag in den Jahren 2003 bis 2020 mit Ausnahme der Jahre 2007 bis 2009 relativ konstant im Bereich zwischen 7.000 und 8.000 GWh. Im Jahr 2021 wurde mit 8.160 GWh der Höchststand im Betrachtungszeitraum erreicht.

**Abbildung 41: Entwicklung der Nettostrom- und Nettowärmeerzeugung durch KWK-Anlagen 2003-2021 (in GWh\*)**



\* nur Kraftwerke der allgemeinen Versorgung und mit einer installierten elektrischen Leistung > 1 MW

Quelle: HSL 2022a.

Nicht nur die großen Kraftwerke nutzen die Kraft-Wärme-Kopplung. Es gibt darüber hinaus eine große Anzahl an KWK-Anlagen in Leistungskategorien unterhalb von 1 MW Leistung bis hin zu Nano-KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung im Watt-Bereich. Zu den Nano-KWK-Anlagen gehören beispielsweise Brennstoffzellenheizungen. Mit Brennstoffzellenheizungen, die nur wenige 100 Watt elektrische und thermische Leistung haben können, wird aus Erdgas durch einen chemischen Prozess Strom und Wärme gewonnen. In diesem chemischen Prozess verbindet sich der im Erdgas enthaltene Wasserstoff mit Sauerstoff. Dabei wird der eingesetzte Energieträger Erdgas hochgradig effizient genutzt. Ein weiterer Vorteil ist, dass Brennstoffzellenheizungen Strom und Wärme direkt beim Verbraucher, d. h. am Nutzungsort produzieren und damit Übertragungsverluste vermieden werden. Dies gilt auch für die etwas leistungsstärkeren Blockheizkraftwerke, die z. B. vor Ort Häuserblöcke mit Strom und Wärme versorgen.

Tabelle 15 zeigt den Bestand an KWK-Anlagen in Hessen zum 31. Dezember 2021. Einschränkend muss erwähnt werden, dass hier nur KWK-Anlagen dargestellt sind, die durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gefördert wurden oder werden. Da

nicht alle KWK-Anlagen eine BAFA-Förderung beantragen, ist davon auszugehen, dass der Anlagenbestand insgesamt höher liegt. Darüber hinaus wird in den BAFA-Daten nicht verzeichnet, ob eine Anlage mittlerweile stillgelegt wurde.

**Tabelle 15: Anzahl sowie elektrische und thermische Leistung der KWK-Anlagen in Hessen zum 31.12.2021 nach Leistungskategorie**

Leistungs-kategorie (in kW <sub>el</sub> /MW <sub>el</sub> )	Anzahl der Anlagen	elektrische Leistung (in MW)	thermische Leistung (in MW)
<= 2 kW	1.340	1,2	0,8
> 2 <= 10 kW	3.135	17,3	3,8
> 10 <= 20 kW	956	15,8	38,4
> 20 <= 50 kW	742	32,0	38,2
> 50 <= 100 kW	159	11,7	55,4
> 100 <= 250 kW	277	45,4	54,4
> 250 <= 500 kW	103	37,4	61,7
> 500 <= 1.000 kW	63	45,7	65,7
> 1 <= 2 MW	52	84,6	67,3
> 2 <= 10 MW	46	241,7	191,3
> 10 <= 50 MW	16	382,4	859,2
> 50 <= 100 MW	13	947,4	1.128,0
> 100 MW	5	1.034,1	2.922,4
<b>Insgesamt</b>	<b>6.907</b>	<b>2.896,7</b>	<b>5.486,6</b>

Quelle: BAFA 2022a, 2019.

Die Zahl der durch das BAFA geförderten Anlagen belief sich zum Jahresende 2021 auf 6.907 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 2.896,7 MW und einer thermischen Leistung von 5.486,6 MW. Mit 89 Prozent fallen die meisten Anlagen in die Leistungskategorien unterhalb von 50 kW. Die elektrische Leistung summiert sich auf 66,3 MW, was 2,3 Prozent der durch KWK vorgehaltenen elektrischen Leistung insgesamt entspricht. Der Anteil dieser Anlagen an der thermischen Leistung liegt niedriger, bei 1,5 Prozent. Hingegen entfallen auf die 5 KWK-Anlagen in der höchsten Leistungskategorie (> 100 MW) 36 Prozent der elektrischen und 53 Prozent der thermischen Leistung.

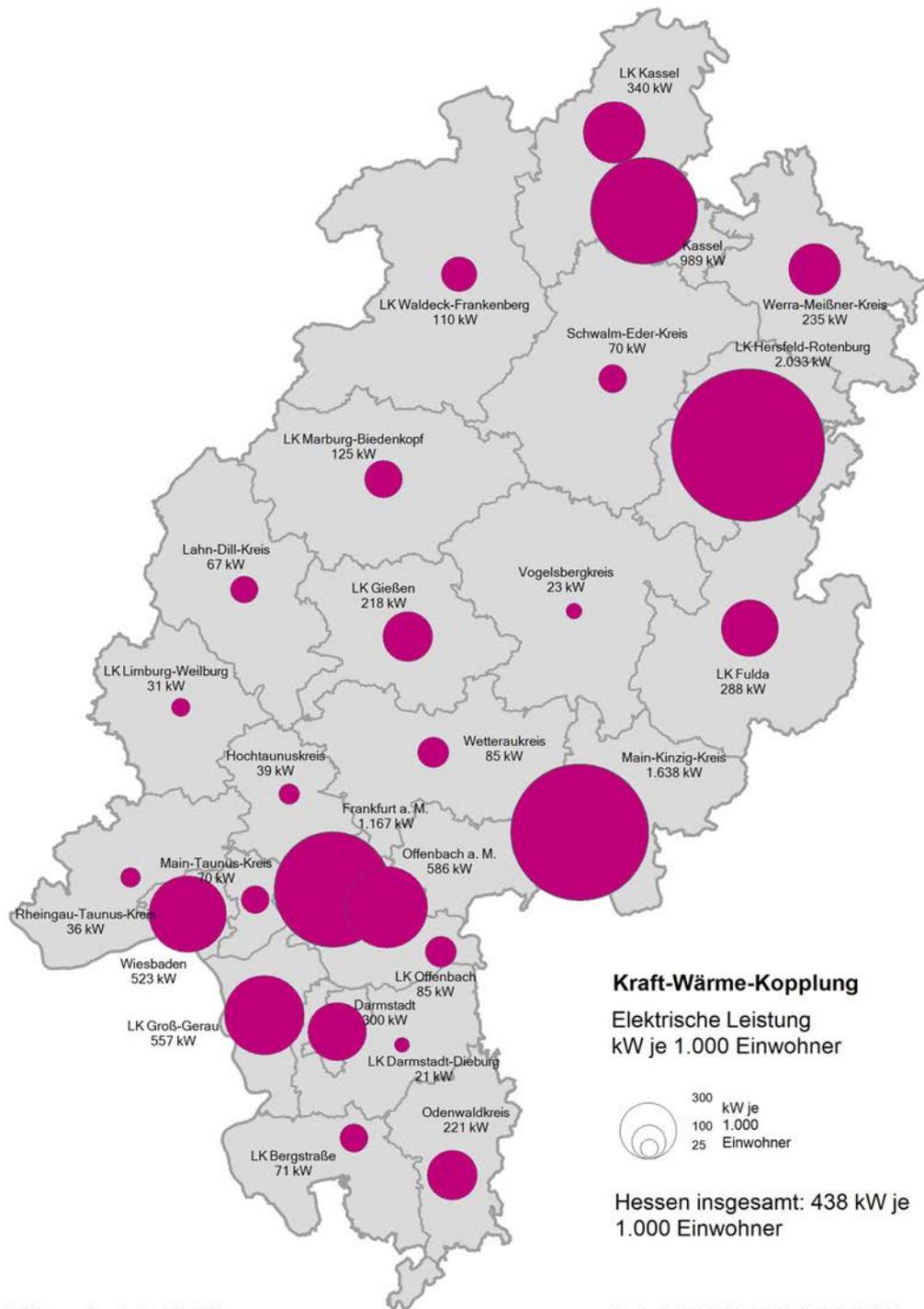
Abbildung 42 zeigt für die einzelnen Landkreise und kreisfreien Städte in Hessen die elektrische Leistung der durch das BAFA geförderten KWK-Anlagen, bezogen auf die Zahl der Einwohner zum 31. Dezember 2021 (kW je 1.000 Einwohner).

Die höchsten Werte weisen Landkreise und kreisfreie Städte auf, in denen große Kraftwerke verortet sind. Zu nennen sind insbesondere der Main-Kinzig-Kreis mit dem Großkraftwerk Staudinger, der Landkreis Hersfeld-Rotenburg mit den Kraftwerken des Unternehmens K+S AG sowie Frankfurt, Offenbach und Kassel mit größeren Heizkraftwerken.

Laut Angaben des BAFA (2022a) sind in Hessen im Jahr 2021 insgesamt 286 KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 137 MW und einer thermischen Leistung von 10,9 MW neu hinzugekommen. Allerdings ist diese Zahl noch unvollständig, da ein Förderantrag fristgerecht bis zum 31. Dezember des auf das Jahr der Aufnahme des Dauerbetriebs folgenden Kalenderjahrs – d. h. bis zum 31. Dezember 2022 – beim BAFA gestellt werden kann.

Gemäß Marktstammdatenregister haben in Hessen im Jahr 2021 insgesamt 355 KWK-Stromerzeugungseinheiten mit einer elektrischen Leistung von 198 MW ihren Betrieb aufgenommen (BNetzA 2022a).

Abbildung 42: In KWK-Anlagen installierte elektrische Leistung zur Stromerzeugung je 1.000 Einwohner zum 31.12.2021 nach hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten (in kW)



### Anlagensteckbrief

Im Rahmen des Bauprogramms COME Solar wurde vom LBIH u.a. an der Staatlichen Technikakademie in Alsfeld eine PV-Anlage mit folgenden technischen Anlagendaten errichtet:

Liegenschaftsname:

Staatliche Technikakademie

Anschrift der Liegenschaft:

36304 Alsfeld, In der Krebsbach 6

PV-Anlagengröße:	74,62 kWp
Dachfläche:	Flachdach mit Kies
Modulausrichtung:	Ost/West
Modul-Nennleistung / Anzahl:	410 Wp / 182 St.
Wechselrichter-Nennleistung / Anzahl:	36 kW / 2 St.
PV-Energieproduktion:	70.081 kWh
Strombedarf der Liegenschaft:	56.000 kWh/a
Eigenverbrauchsanteil:	42,4 %
Autarkiegrad:	53,1 %
CO <sub>2</sub> -Reduktion:	28 t/a



# 7

## Netzausbau und Versorgungssicherheit



## 7 Netzausbau und Versorgungssicherheit

Die Umsetzung der Energiewende erfordert den Ausbau der Stromnetze. So muss der in den Offshore-Windparks in Norddeutschland erzeugte Strom zu den Verbrauchschwerpunkten in Süddeutschland transportiert werden. Zudem steigen die Anforderungen an die Netze, da die zunehmend dezentral erfolgende Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und deren Einspeisung in die Netze infolge des steigenden Anteils der volatilen Energieträger Wind und Sonne hohen Schwankungen unterliegt.

Kapitel 7.1. stellt den aktuellen Ausbaustand der durch Hessen verlaufenden Stromnetze dar. In Kapitel 7.2 wird kurz die Digitalisierung der Stromnetze thematisiert. Kapitel 7.3 zeigt die Entwicklung der Investitionen der Verteilnetz- und Übertragungsnetzbetreiber in die deutschen Stromnetze auf. Im Fokus von Kapitel 7.4 steht die Versorgungssicherheit. Hierzu werden die Maßnahmen der Netzbetreiber zur Aufrechterhaltung der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Stromnetze aufgezeigt. Aktuell von hoher Bedeutung ist die Sicherheit der Gasversorgung in Deutschland. Kapitel 7.5 widmet sich dem Gasnetz und der Versorgungssicherheit, wobei auch ein Blick auf die Erdgasspeicher in Hessen geworfen wird. Abschließend wird in Kapitel 7.6 die Länge und Leistung der Fernwärmenetze in Hessen dargestellt.

### 7.1 Bestand und Ausbau der Stromnetze

Nachfolgend wird zunächst der Ausbaustand der Übertragungsnetze nach Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) und nach Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) einschließlich netzoptimierender Maßnahmen dargestellt. Daran anschließend werden aktuelle Engpässe in den Verteilernetzen in Hessen aufgezeigt.

#### Übertragungsnetze

In den Übertragungsnetzen wird der Strom über große Entfernungen mit Höchstspannung transportiert. Die Stromkreislänge beträgt bundesweit rund 37.000 Kilometer (BMWK 2022b). Die Stromübertragung erfolgt bei Drehstrom mit Höchstspannung von 220 Kilovolt (kV) oder 380 kV. Bei den neuen Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HGÜ) erfolgt die Übertragung mit bis zu 525 kV.

Zum 31. März 2022 umfassten das BBPlG und das EnLAG deutschlandweit insgesamt 101 Ausbauprojekte mit einer Gesamtlänge von zusammen 12.256 Kilometer. Davon waren zum 31. März 2022 insgesamt 22

Vorhaben mit einer Gesamtlänge von 2.005 Kilometer bzw. 16,4 Prozent fertiggestellt. Zehn Vorhaben mit einer Gesamtlänge von 751 Kilometer waren genehmigt und standen vor dem Bau. Noch in der Genehmigungsphase befanden sich 51 Vorhaben mit einer Gesamtlänge von 6.769 Kilometer, davon waren 704 Kilometer im Raumordnungs- oder Bundesfachplanungsverfahren und 6.065 Kilometer standen vor oder im Planfeststellungsverfahren. Noch vor dem Genehmigungsverfahren standen 18 Vorhaben mit einer Gesamtlänge von 2.731 Kilometer. In Abbildung 43 ist der Ausbaustand der Vorhaben kartografisch dargestellt.

#### Ausbaustand nach dem Bundesbedarfsplangesetz

Nach Inkrafttreten des Bundesbedarfsplangesetzes zum Ausbau der Stromnetze im Jahr 2013 wurde es bereits mehrfach überarbeitet. Eine weitere Aktualisierung ist im Rahmen des Energiesofortmaßnahmenpakets („Osterpaket“) erfolgt. So sind 19 Vorhaben neu in das BBPlG aufgenommen und 17 bestehende Vorhaben geändert worden. Darüber hinaus sollen die Planungs- und Genehmigungsverfahren für Stromnetze beschleunigt werden. Unter bestimmten Voraussetzungen soll zukünftig bei den HGÜ auf die Bundesfachplanung verzichtet werden können und der vorzeitige Baubeginn bei bestimmten Projekten erleichtert werden (BMWK 2022c, BMJ 2022).

Zwölf der am 30. Juni 2022 bei der BNetzA gelisteten 78 BBPlG-Vorhaben verlaufen innerhalb bzw. möglicherweise durch Hessen. Davon entfielen fünf Vorhaben bzw. Abschnitte auf den Zuständigkeitsbereich von TenneT, fünf Vorhaben bzw. Abschnitte auf den Zuständigkeitsbereich von Amprion und drei Abschnitte auf den Zuständigkeitsbereich von TransnetBW. In Tabelle 16 sind besondere Kennzeichnungen, Vorhabenträger, technische Merkmale, Status der Verfahren sowie Zeitpunkt der geplanten Inbetriebnahme aufgeführt (BNetzA 2022e und 2022f). Seit dem ersten Quartal 2022 befindet sich mit dem Vorhaben 76 Krißfeld – Farbwerke Höchst Süd das erste Vorhaben im Bau.<sup>15</sup> Im Vergleich zum Vorjahresplanungsstand haben sich die geplanten Inbetriebnahmen bei mehreren Vorhaben zeitlich nach hinten verschoben. Gegenüber dem Planungsstand im Jahr 2015 betragen die Verschiebungen beim Ultratnet-Vorhaben (Nr. 2) acht Jahre, bei den SuedLink-Vorhaben (Nr. 3 und 4) sechs Jahre, beim Vorhaben Nr. 12 vier Jahre und bei den Vorhaben 17 und 19 neun Jahre (HMWEVL 2015).

<sup>15</sup> Der aktuelle Stand der einzelnen Vorhaben ist bei der Bundesnetzagentur unter <https://www.netzausbau.de/Vorhaben/uebersicht/liste/liste.html> abrufbar.

**Tabelle 16: Merkmale der durch Hessen laufenden Vorhaben aus dem BBPIG zum 30.06.2022**

Vorhaben Nr.	Abschnitt	Kennzeichnungen	Träger von Abschnitt in Hessen	Technische Merkmale	Status des Verfahrens	Geplante Inbetriebnahme
2	Osterath – Philippsburg (Ultranet) (341 km) Abschnitt D1: Punkt Koblenz – Punkt Marxheim (77 km) Abschnitt A2: Punkt Marxheim – Punkt Ried (57 km) Abschnitt A1: Punkt Ried – Punkt Wallstadt (28 km)	länderübergreifend HGÜ-Pilotprojekt PCI*	Amprion	Gleichstrom (2 GW) 380 kV	Abschnitt D1: Planfeststellung beantragt; Abschnitte A1 und A2: im Planfest- stellungsverfahren	2027
3	Brunsbüttel – Großgartach (SuedLink) (689 km) Abschnitt C2: Landesgrenze Niedersachsen / Hessen – Südlich Landesgrenze Hessen / Thüringen (65 km)	länderübergreifend HGÜ-Pilotprojekt Erdkabel PCI	TransnetBW	Gleichstrom (2 GW) 525 kV	im Planfeststel- lungsverfahren	2028
4	Wilster – Bergheinfeld West (SuedLink) (538 km) Abschnitt C2: Landesgrenze Niedersachsen / Hessen – Südlich Landesgrenze Hessen / Thüringen (65 km)	länderübergreifend HGÜ-Pilotprojekt Erdkabel PCI	TransnetBW	Gleichstrom (2 GW), Wechsel- strom 380 kV 525 kV	im Planfeststel- lungsverfahren	2028
12	Vieselbach – Eisenach – Mecklar (130 km) Abschnitt B: Regelzonen- grenze – Mecklar (43 km)	länderübergreifend	Abschnitt B: TenneT	Wechsel- strom 380 kV	Abschnitt B: Planfeststellung beantragt	2027
17	Mecklar – Dipperz – Berg- heinfeld West (130 km) Abschnitt A: Mecklar – Dipperz (50 km) Abschnitt B: Dipperz – Berg- heinfeld West (80 km)	länderübergreifend Erdkabel-Pilot- projekt	TenneT	Wechsel- strom 380 kV	beide Abschnitte in Bundesfach- planung	2031
19	Urberach – Pfungstadt – Weinheim – G380 – Altluß- heim – Daxlanden (142 km) Abschnitt Nord: Urberach – Pfungstadt – Weinheim (66 km) Abschnitt Süd: Weinheim – Weinheim – G380 – Altluß- heim – Daxlanden (76 km)	länderübergreifend	Abschnitt Nord: Amprion, Abschnitt Süd: TransnetBW	Wechsel- strom 380 kV	Abschnitt Nord: im Planfeststel- lungsverfahren Abschnitt Süd: im Bundesfach- planungsverfahren	2031
43	Borken – Mecklar (41 km)	keine	TenneT	Wechsel- strom 380 kV	vor dem Planfest- stellungsverfahren	2023
45	Borken – Twistetal (43 km)	keine	TenneT	Wechsel- strom 380 kV	vor dem Planfest- stellungsverfahren	2023
65	Borken – Gießen Nord – Karben (124 km)	keine	TenneT	Wechsel- strom 380 kV	vor Genehmi- gungsverfahren	2031
66	Großkrotzenburg – Dettingen – Urberach (24 km)	Pilotprojekt für Hochtemperatur- leiterseile	Amprion	Wechsel- strom 380 kV	vor Genehmi- gungsverfahren	2028
67	Bürstadt – BASF (Ludwigs- hafen am Rhein) (13 km)	Verzicht auf Bun- desfachplanung länderübergreifend	Amprion	Wechsel- strom 380 kV	im Planfest- stellungsverfahren	2029
76	Kriftel – Farbwerke Höchst Süd (11 km)	keine	Amprion	Wechsel- strom 380 kV	im Bau	2024

PCI = Vorhaben von gemeinsamem Interesse

Quelle: BNetzA 2022e, g (Stand: 31.03.2022, abgerufen am 27.06.2022).

Das von den Vorhabenträgern Amprion und TransnetBW als Ultranet bezeichnete Vorhaben 2 ist ein Pilotprojekt für eine HGÜ-Leitung. Die geplante Leitung soll die Netzverknüpfungspunkte Osterath in Nordrhein-Westfalen und Philippsburg in Baden-Württemberg verbinden. Die Trasse verläuft auch durch Rheinland-Pfalz und Hessen. Für einen Großteil der Strecke sollen bestehende Mastsysteme genutzt werden. Die Gesamtlänge beträgt 341 Kilometer. Für alle sechs Teilabschnitte läuft derzeit das Planfeststellungsverfahren. Es ist als ein Vorhaben von „gemeinsamem Interesse“ (PCI) kategorisiert.<sup>16</sup> Die Leitung soll mit Gleichstrom betrieben werden und kann daher nicht abschnittsweise, sondern nur vollständig in Betrieb genommen werden. Aktueller Termin der geplanten Gesamtinbetriebnahme ist 2027, sie hat sich damit gegenüber dem Vorjahresstand um drei Jahre nach hinten verschoben. Durch Hessen verlaufen die Abschnitte D1, A2 und A1. Für Abschnitt D1 Punkt Koblenz – Punkt Marxheim hat Amprion am 21. Juni 2022 einen Antrag auf Planfeststellungsbeschluss gestellt. Die Abschnitte A2 Punkt Marxheim – Punkt Ried und A1 Punkt Ried – Punkt Wallstadt befinden sich seit dem zweiten Quartal 2022 bzw. dem ersten Quartal 2019 in der Planfeststellung.

Die beiden länderübergreifenden SuedLink-Vorhaben (BBPIG Nr. 3 und 4) zählen zu den zentralen Transportkorridoren von Nord- nach Süddeutschland. Die zuständigen Netzbetreiber TenneT und TransnetBW betrachten die beiden Erdkabel-Vorhaben bei den Planungen gemeinsam. Die geplante Gesamtinbetriebnahme hat sich für beide Vorhaben im Vergleich zum Vorjahresstand um zwei Jahre auf 2028 verschoben. Nach derzeitigem Planungsstand verläuft Vorhaben 3 von Brunsbüttel nach Großgartach mit einer Länge von 689 Kilometern und Vorhaben 4 von Wilster nach Bergrheinfeld West mit einer Länge von 538 Kilometern. Durch Hessen verläuft in beiden Vorhaben jeweils der Teilabschnitt C2. Die entsprechenden Trassenkorridore (jeweils 65 km) befinden sich im Planfeststellungsverfahren.

Vorhaben 12 sieht eine Umbeseilung einer bestehenden 380-kV-Freileitung zwischen Vieselbach in Thüringen und Mecklar in Nordhessen vor. Die geplante Trassenlänge beträgt etwa 130 Kilometer. Die geplante Gesamtinbetriebnahme wurde im Vergleich zum Vorjahresplanungsstand um ein Jahr vorgezogen und ist nun für das Jahr 2026 geplant. Abschnitt B verläuft mit einer Länge von 43 Kilometer von der Regelzonengrenze in der Nähe von Eisenach bis nach Mecklar. Das Vorhaben befindet sich im Planfeststellungsverfahren.

Vorhaben 17 sieht einen Neubau von zwei 380-kV-Systemen zwischen Mecklar in Nordhessen und Bergrheinfeld in Bayern vor. Die geplante Freileitung setzt das EnLAG-Vorhaben 6 Wahle – Mecklar fort und soll die Übertragungskapazität zwischen Hessen und Bayern erhöhen. Das Vorhaben ist auch unter dem Namen Fulda-Main-Leitung bekannt. Die Inbetriebnahme ist für das Jahr 2031 geplant. Sowohl Abschnitt A von Mecklar bis Dipperz (51 km) als auch Abschnitt B von Dipperz nach Bergrheinfeld West befinden sich in der Bundesfachplanung.

Das Vorhaben 19 verbindet die Netzverknüpfungspunkte Urberach in der hessischen Stadt Rödermark und Daxlanden in Karlsruhe. Nach derzeitigem Stand folgt der Trassenkorridor weitestgehend dem Verlauf bereits bestehender Stromleitungen, die bisher auf der Spannungsebene 220 kV betrieben werden. Die Umstellung auf den 380-kV-Betrieb soll die Übertragungskapazität in der durch hohe Lasten geprägten Region zwischen Frankfurt und Karlsruhe erhöhen. Beide Abschnitte, Nord (66 km) und Süd (76 km), verlaufen durch Hessen. Abschnitt Nord befindet sich im Planfeststellungsverfahren, Abschnitt Süd noch im Bundesfachplanungsverfahren. Die geplante Inbetriebnahme des Vorhabens hat sich gegenüber dem Vorjahresplanungsstand um drei Jahre verschoben und ist nun für 2031 geplant.

Die Vorhaben 43 zwischen Borken und Mecklar und 45 zwischen Borken und Twistetal sollen die wichtigen Nord-Süd-Verbindungen in Hessen durch eine Verstärkung der bestehenden 380-kV-Freileitungen ertüchtigen. Beide Vorhaben stehen vor dem Planfeststellungsverfahren, ein Raumordnungsverfahren war nicht erforderlich. Sie sollen im vierten Quartal 2023 in Betrieb gehen.<sup>17</sup>

Die Vorhaben 65 Borken – Gießen Nord – Karben (124 km) und 66 Großkrotzenburg – Dettingen – Urberach (24 km) sind seit 2021 im Bundesbedarfsplan gelistet. Vorhaben 66 ist ein Pilotprojekt für Hochtemperaturleiterseile. Für beide Vorhaben wurde noch kein Genehmigungsverfahren beantragt. Vorhaben 65 soll 2031 in Betrieb gehen, Vorhaben 66 im Jahr 2028.

Das Vorhaben 67 Bürstadt – BASF (Ludwigshafen am Rhein) beseitigt einen Engpass in der 220-kV-Ebene zwischen Bürstadt und der BASF in Ludwigshafen. Der Bundesbedarfsplan sieht für das Vorhaben aufgrund seiner besonderen Eilbedürftigkeit den Verzicht auf eine Bundesfachplanung vor. Es befindet sich im Planfeststellungsverfahren. Die Inbetriebnahme ist für 2029 geplant.

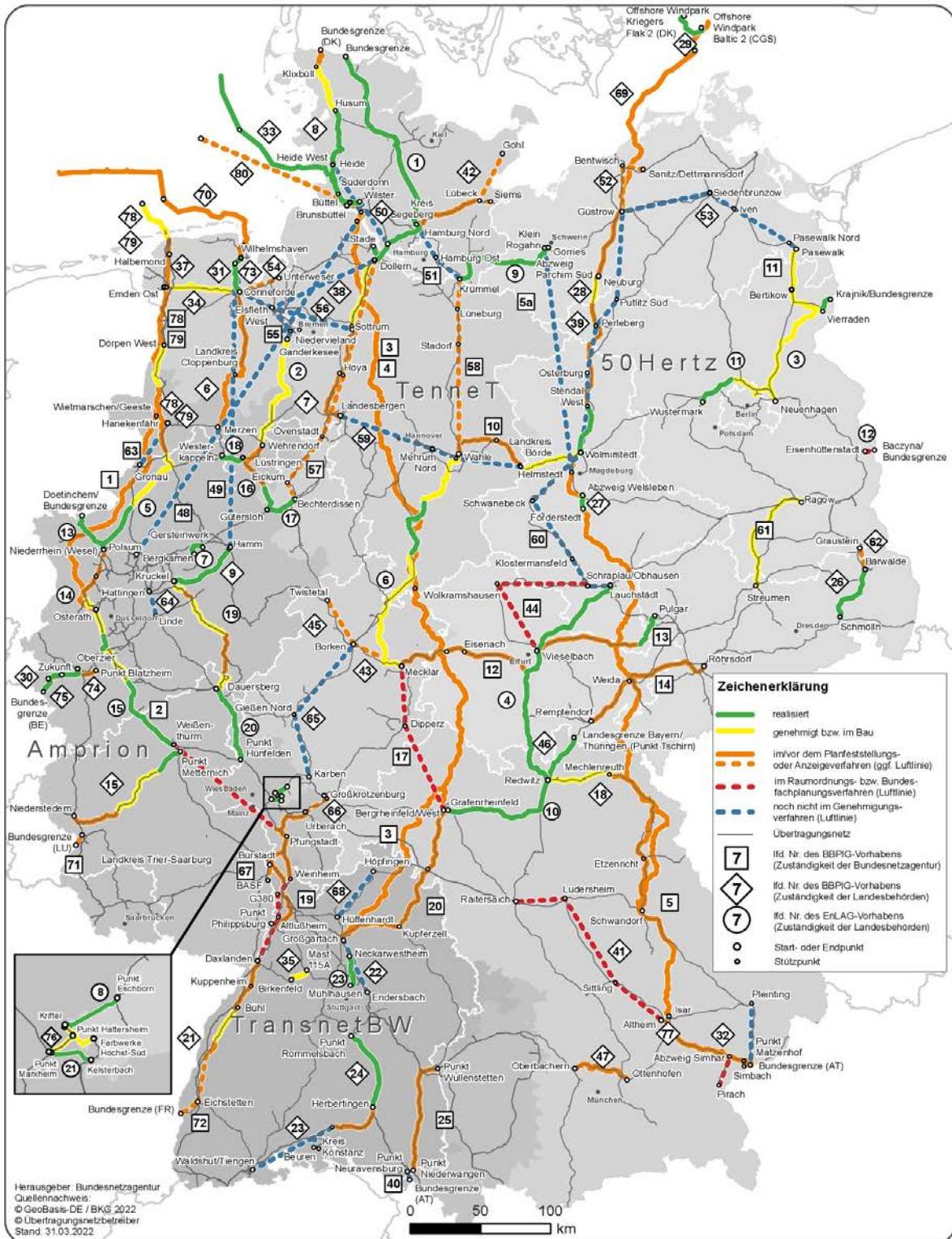
16 Projects of common interest (PCI) sollen vorrangig umgesetzt werden. Kriterien für PCI sind ein wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Nutzen für mindestens zwei EU-Mitgliedsstaaten und dass das Projekt zur Stärkung des europäischen Binnenmarktes beiträgt. Die aktuell gültige Liste ist am 28. April 2022 in Kraft getreten (BNetzA 2022h).

17 Aktuelle Ist-Werte für die Inbetriebnahme gemäß Netzausbau-Controlling des BMWK, 2. Quartal 2022.

Das Vorhaben 76 Kriftel – Farbwerke Höchst Süd soll die Übertragungskapazität in der Region Frankfurt – Karlsruhe erhöhen. Die Planfeststellung ist erfolgt, die

Bauarbeiten haben im ersten Quartal 2022 begonnen. Die geplante Fertigstellung ist 2024.

Abbildung 43: Stand der Vorhaben aus dem BBPIG und EnLAG zum 31.03.2022



### Ausbaustand nach dem Energieleitungsausbaugesetz

Für die im Gesetz zum Ausbau von Energieleitungen (EnLAG) gelisteten Vorhaben liegt die Durchführung der Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren in der Verantwortung der jeweiligen Bundesländer. Das einzige noch in Bau befindliche Vorhaben in Hessen ist Vorhaben 6, das in Nord-Süd-Richtung Wahle in Niedersachsen mit Mecklar in Nordhessen verbindet. Das Vorhaben ist eine der Pilotstrecken, die der bundesweiten Erprobung von Erdkabeln beim Betrieb von Höchstspannungsleitungen mit Wechselstrom dienen. Die Gesamtlänge

des Vorhabens beträgt 219 Kilometer. Der durch Hessen verlaufende Teilabschnitt ist 66 Kilometer lang und befindet sich seit dem zweiten Quartal 2018 in Bau. Bislang wurden 45 Kilometer fertiggestellt. Aktuell werden Planänderungen durchgeführt. Die Gesamteinbetriebnahme der Leitung ist im ersten Quartal Jahr 2024 geplant.<sup>18</sup>

Die weiteren in bzw. durch Hessen verlaufenden drei EnLAG-Vorhaben sind bereits seit Jahren in Betrieb und ebenfalls in Tabelle 17 dargestellt.

**Tabelle 17: Merkmale der in Hessen verlaufenden Vorhaben nach EnLAG zum 30.06.2022**

Vorhaben Nr.	Abschnitt	Kennzeichnung	Träger	Technische Merkmale	Länge in Hessen	Status des Verfahrens	Geplante Inbetriebnahme
6	Wahle – Mecklar (219 km)	Erdkabel-Pilotprojekt	TenneT	Wechselstrom 380 kV	66 km	Teilabschnitt Hessen: Leitung im Bau	2024
nachrichtlich:							
8	Kriftel – Eschborn (10 km)	keine	Amprion	Wechselstrom 380 kV	10 km		seit 2017 in Betrieb
20	Dauersberg – Hünfelden (60 km)	keine	Amprion	Wechselstrom 380 kV	41 km		seit 2012 in Betrieb
21	Marxheim – Kelsterbach (7 km)	keine	Amprion	Wechselstrom 380 kV	7 km		seit 2010 in Betrieb

Quelle: BNetzA 2022e, f (Stand: 31.03.2022, abgerufen am 27.06.2022).

### Netzoptimierende Maßnahmen

Mit netzoptimierenden Maßnahmen soll eine höhere Auslastung des Übertragungsnetzes ermöglicht werden. Hierzu zählen lastflusssteuernde Maßnahmen, Netzbooster-Pilotanlagen,<sup>19</sup> Freileitungsmonitoring und der Einsatz von Hochtemperaturleiterseilen. Folgende Maßnahmen sind für vollständig bzw. teilweise durch Hessen verlaufende Leitungen mit Stand 31. März 2022 umgesetzt bzw. geplant (BNetzA 2022e):

- Das Projekt P353 mit der Maßnahme M532 sieht die Errichtung eines Phasenschieber-Transformators (PST) am Standort Twistetal vor, um die Leistungsflüsse auf den Leitungen in Richtung Borken steuern

zu können. Vorhabenträger ist TenneT, die Inbetriebnahme ist für 2028 geplant.

- Die Übertragungskapazität von Freileitungen wird durch die maximale Betriebstemperatur des Leiterseils begrenzt, die vom Stromfluss im Leiter und den klimatischen Umgebungsbedingungen abhängt. Bei niedrigen Umgebungstemperaturen kann die Übertragungskapazität erhöht werden. Mit dem Freileitungsmonitoring (FLM) werden die Witterungsbedingungen am Leiterseil erfasst, um witterungsabhängig die Kapazität optimieren zu können. Die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) melden den Umsetzungsstand sowie die geplante Anwendung von FLM. Von den für die hessischen Stromleitungen zuständigen ÜNB werden bei 380-kV-Leitungen ein FLM-Anteil von 35 Prozent (TenneT) bzw. 43 Prozent (Amprion) an

<sup>18</sup> Aktuelle Ist-Werte für die Inbetriebnahme gemäß Netzausbau-Controlling des BMWK, 2. Quartal 2022.

<sup>19</sup> Im Netzentwicklungsplan 2021-2035 wurden zwei Netzbooster-Pilotanlagen bestätigt (Audorf Süd und Kupferzell). Hierbei handelt es sich um ein innovatives Konzept zur Höherauslastung des Übertragungsnetzes. Durch eine reaktive Netzbetriebsführung könnten Kosten für Redispatchmaßnahmen eingespart werden.

der gesamten Stromkreislänge in Deutschland gemeldet. Bei 220-kV-Leitungen liegen die FLM-Anteile mit 45 Prozent (TenneT) und 48 Prozent (Amprion) etwas höher.

- Hochtemperaturleiterseile ermöglichen mit Temperaturen von 150 C bis 210°C eine höhere Betriebstemperatur als bei Standardleitern zulässig sind (80°C). In Hessen sind Hochtemperaturleiter für die Abschnitte Borken – Twistetal (BBPIG-Vorhaben 45), Borken – Mecklar (BBPIG-Vorhaben 43), Vieselbach – Mecklar (BBPIG-Vorhaben 12), Borken – Karben (BBPIG-Vorhaben 65), Großkrotzenburg – Urberach (BBPIG-Vorhaben 66) sowie Bürstadt – Landesgrenze HE/RP (NEP P310/M485) in Planung.

### Verteilernetze

Im Rahmen des Umbaus der Energiesysteme steigt die Stromeinspeisung in die Verteilernetze, da über 90 Prozent der in erneuerbaren Energieanlagen installierten Leistung an das Verteilnetz angeschlossen sind. Immer mehr Stromverbraucher sind auch Produzenten und auch neue Verbrauchseinrichtungen wie Elektrofahrzeuge und elektrische Wärmepumpen stellen neue Anforderungen an die Verteilernetze. Die Bedeutung der Verteilernetze für die Systemstabilität rückt daher zunehmend in den Fokus.

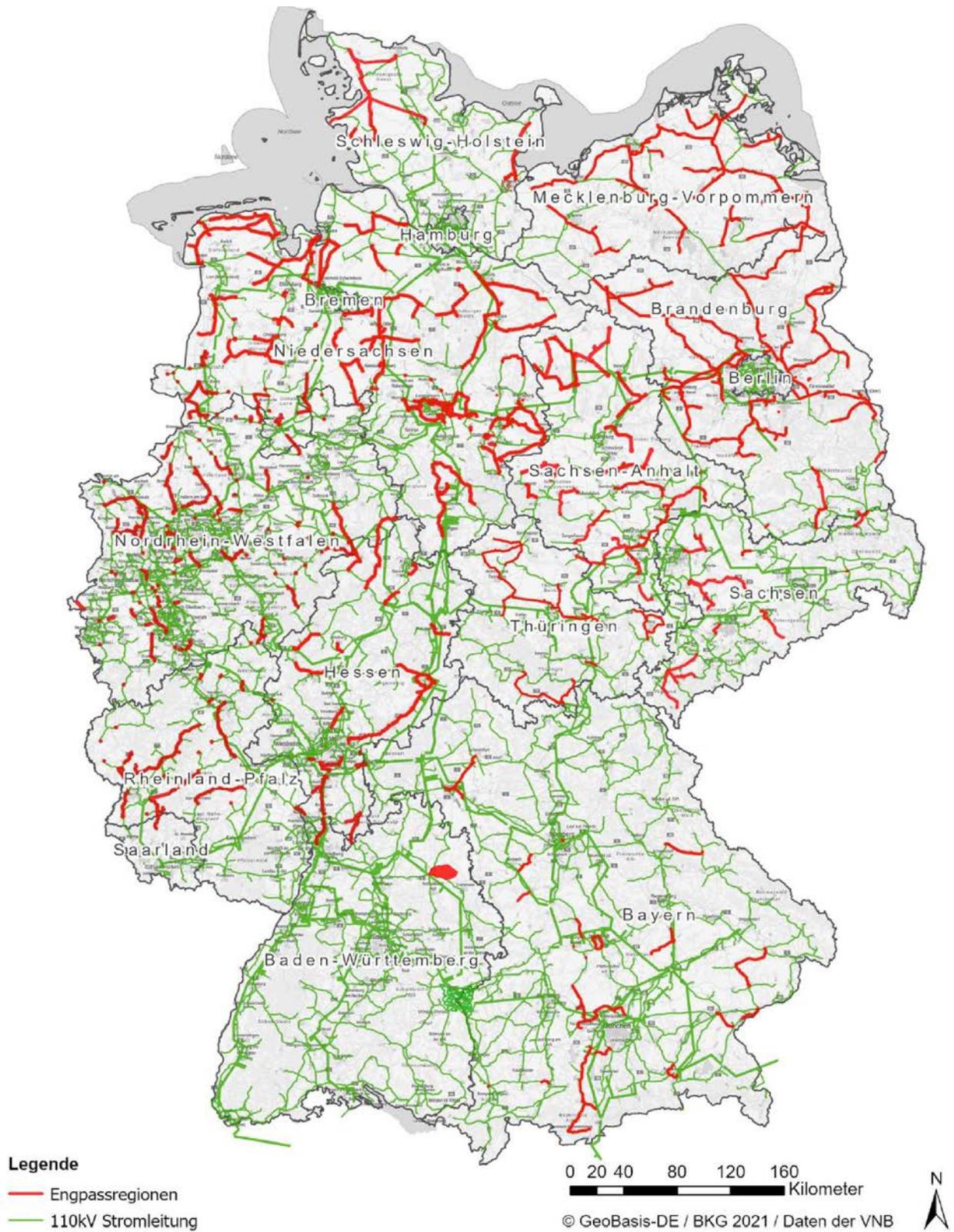
Der erforderliche Ausbau der Verteilernetze in Hessen kann nach den Ergebnissen der Verteilnetzstudie Hessen 2024-2034, die die Auswirkungen der Energiewende auf die Verteilernetze in Hessen untersucht, im Wesentlichen durch Netzoptimierungs- und Verstärkungsmaßnahmen erfolgen (BearingPoint / Fraunhofer IEE 2018).

Zur Länge des Verteilernetzes in Hessen liegen gegenüber dem letztjährigen Monitoringbericht (HMWEVW 2021) keine aktuelleren Daten vor. Es belief sich zum 31. Dezember 2019 auf insgesamt 123.794 Kilometer, davon waren 111.185 Kilometer als Erdkabel und 12.609 Kilometer als Freileitungen verlegt. Auf das Niederspannungsnetz entfielen 87.644 Kilometer, auf das Mittelspannungsnetz 30.792 Kilometer und auf das Hochspannungsnetz 5.358 Kilometer. Das Niederspannungsnetz, über das vor allem Haushalte und kleinere Gewerbebetriebe lokal mit Strom versorgt werden, ist nahezu vollständig als Erdkabel verlegt, das Mittelspannungsnetz zu 85 Prozent und das Hochspannungsnetz zu 9 Prozent (LDEW 2021).

In Abbildung 44 sind das Hochspannungsnetz in Deutschland (grün: 110-kV-Hochspannungsleitungen) und die von den Netzbetreibern gemeldeten Engpassleitungen (rot) im Jahr 2021 dargestellt. Wie bereits im Vorjahr sind Engpässe überwiegend im Norden und im Osten Deutschlands zu beobachten, wo ein großer Zubau an Windenergieanlagen stattfindet. In Hessen werden Engpässe im südlichen Odenwaldkreis, zwischen Heppenheim und der Region Frankfurt, in Süd-Ost-Hessen bis Fulda, rund um Limburg sowie in Nordhessen nordwestlich von Kassel ausgewiesen (BNetzA 2022o).

Bei der geplanten Beschleunigung des Netzausbaus in Deutschland sind auch Neuerungen für die Verteilernetze enthalten. So soll der Rechtsrahmen der Verteilnetzplanung zu einer stärker vorausschauenden und integrierten Planung weiterentwickelt werden. Darüber hinaus sollen Netzanschlussprozesse vereinfacht und digitalisiert werden (BMWK 2022c).

Abbildung 44: Hochspannungsleitungen und Engpassregionen in Deutschland 2021



Quelle: BNetzA 2022a.

## 7.2 Digitalisierung der Netze

Die Digitalisierung der Netze ist der Schlüssel für eine zunehmend dezentrale, flexible sowie energieeffiziente Energieinfrastruktur. Durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien zur Steuerung der Stromnetze und der Energiemanagementsysteme können Angebot und Nachfrage aufeinander abgestimmt werden. Eine wichtige Rolle spielen moderne Messeinrichtungen (digitale Zähler oder Smart Meter), die über eine Schnittstelle zur Anbindung an eine Kommunikationseinheit (Smart-Meter-Gateway) verfügen. Von einem intelligenten Messsystem spricht man dann, wenn eine moderne Messeinrichtung mit einem Smart-Meter-Gateway verbunden ist, sodass eine automatische Datenübertragung zum Messstellenbetreiber erfolgen kann. Intelligente Stromnetze und Messsysteme ermöglichen den schnellen Austausch von Daten zu Stromerzeugung und Stromverbrauch.

Im Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende (GDEW) und dem darin enthaltenen Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) wurden Regelungen zur Ausstattung der Stromnetze mit modernen Messeinrichtungen und intelligenten Messsystemen getroffen (Bundesgesetzblatt 2016). Der Einbau von intelligenten Messsystemen konnte mit der Zertifizierung des ersten Smart-Meter-Gateways durch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) am 12. Dezember 2018 starten. Der Rollout konnte im Februar 2020 beginnen. Im Fahrplan für die Digitalisierung der Energiewende sind die wichtigsten erforderlichen Maßnahmen festgelegt, die für die Beschleunigung des Rollouts der intelligenten Messsysteme notwendig sind (BSI, BMWi 2019, BMWK 2022k).

Aufgrund eines Klageverfahrens wurde vom BSI am 20. Mai 2022 die Allgemeinverfügung vom 7. Februar 2020 zurückgenommen und eine Feststellung nach § 19 Abs. 6 MsbG erlassen, um den Weiterbetrieb und Einbau intelligenter Messsysteme zu gewährleisten. Zuvor wurde ein Maßnahmenbündel erarbeitet, welches die stufenweise Weiterentwicklung der technischen Standards vorsieht. Daran anknüpfend wird das BSI die Fortführung des Rollouts von intelligenten Messsystemen unter Gewährleistung des Datenschutzes und der IT-Sicherheit im Zuge der Marktanalyse und der darauf aufbauenden Allgemeinverfügung (sogenannte Markterklärung) vorbereiten (BSI 2022).

Gemäß der Monitoringabfrage der Bundesnetzagentur bei den Messstellenbetreibern für das Jahr 2020 waren bundesweit 9,5 Mio. Messlokationen mit einer modernen Messeinrichtung ausgestattet. Im Jahr 2019 lag die Vergleichszahl noch bei 5,8 Mio. (BNetzA, BKartA 2022).

## Barometer Digitalisierung Energiewende

Der Fortschritt der Digitalisierung der Energiewende wird im gleichnamigen Barometer seit 2018 erhoben. Der Modernisierungsfortschritt wird dabei anhand von folgenden Schlüsselfaktoren bewertet (EY 2021):

- Stand der Zertifizierung,
- Marktkommunikation,
- Rollout durch Messstellenbetreiber,
- Stand der Standardisierung für eine sektorenübergreifende Digitalisierung der Energiewende,
- Technologieangebot,
- Verfügbarkeit von Geräten,
- Verfügbarkeit der Telekommunikationsinfrastruktur und
- Kundensicht.

Bisher wurde das Barometer Digitalisierung Energiewende dreimal veröffentlicht, nämlich für die Jahre 2018, 2019 und 2020. Die Ergebnisse wurden im letztjährigen Monitoringbericht der Energiewende in Hessen dargestellt (HMWEVW 2021).

## Digitalisierung im Verteilernetz

Infolge der wachsenden Zahl von dezentralen Einspeisern und steuerbaren Verbrauchern gewinnt die Digitalisierung im Verteilernetz immer mehr an Bedeutung. Gemäß dem aktuellen Bericht der Bundesnetzagentur zum Zustand und Ausbau der Verteilernetze liegen bei rund 90 Prozent der befragten Netzbetreiber die Netzpläne in allen Spannungsebenen vollständig in digitaler Form vor. Perspektivisch soll die Netzplanung automatisch über Software erfolgen. Bislang spielen bei der Netzausbauplanung Daten aus intelligenten Messsystemen noch keine große Rolle. Den Netzkunden werden von den meisten Verteilernetzbetreibern bereits digitale Schnittstellen, Onlineportale oder Apps angeboten. Der Einsatz künstlicher Intelligenz z. B. für Netzplanung, Netzauslastungsprognosen, vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance), Sicherheitsmaßnahmen (Cybersecurity) erfolgt bislang nur vereinzelt (BNetzA 2022o).

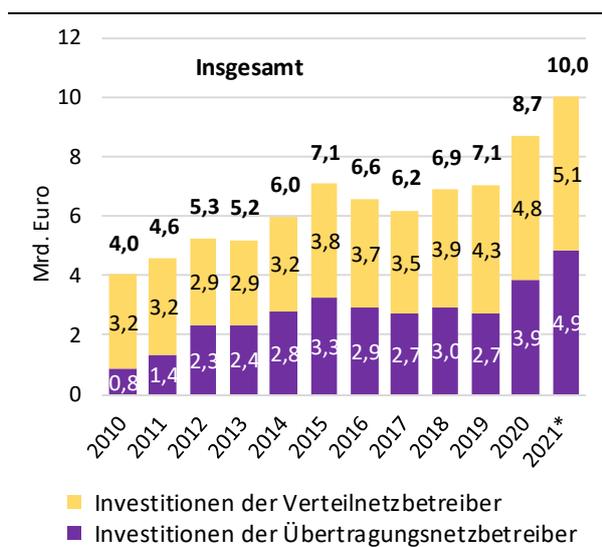
### 7.3 Investitionen in Stromnetze

Die Netzbetreiber investierten im Jahr 2020 insgesamt 8,7 Mrd. Euro in den Ausbau der deutschen Stromnetze (vgl. Abbildung 45). Damit konnte zwar nicht der Planwert in Höhe von 9,6 Mrd. Euro erreicht werden (HMWEVW 2021), aber gegenüber dem Vorjahr lag die Steigerung bei 1,64 Mrd. Euro bzw. +23,2 Prozent (BNetzA, BKartA 2022).

Der Anstieg ging hauptsächlich auf die Investitionstätigkeit der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) zurück, hier lag die Zunahme bei gut 1,1 Mrd. Euro bzw. +41,6 Prozent. Insgesamt investierten die ÜNB knapp 3,9 Mrd. Euro in den Ausbau der Stromnetze, das ist der mit Abstand höchste Wert seit 2010. Allerdings blieb die Investitionssumme deutlich unter dem Planwert für 2020 in Höhe von 4,9 Mrd. Euro (HMWEVW 2021). Auch die Investitionen der Verteilnetzbetreiber (VNB) sind im Jahr 2020 gestiegen, nämlich um 501 Mio. Euro bzw. +11,6 Prozent auf gut 4,8 Mrd. Euro. Die Investitionen lagen damit leicht über dem Planwert in Höhe von 4,7 Mrd. Euro (BNetzA, BKartA 2021).

Für das Jahr 2021 liegt der Planwert der Netzbetreiber bei insgesamt nahezu 10,0 Mrd. Euro. Dies bedeutet eine weitere Zunahme um fast 15 Prozent. Insbesondere der von den ÜNB für 2021 geplante Betrag in Höhe von 4,9 Mrd. Euro stellt einen deutlichen Anstieg dar. Auch die geplanten Netzausbauinvestitionen der VNB in Höhe von 5,1 Mrd. Euro stellen einen neuen Spitzenwert dar.

**Abbildung 45: Investitionen in die Stromnetze in Deutschland 2010-2021** (in Mrd. Euro)



\* Plandaten

Quelle: BNetzA, BKartA 2022.

### 7.4 Versorgungssicherheit der Stromnetze

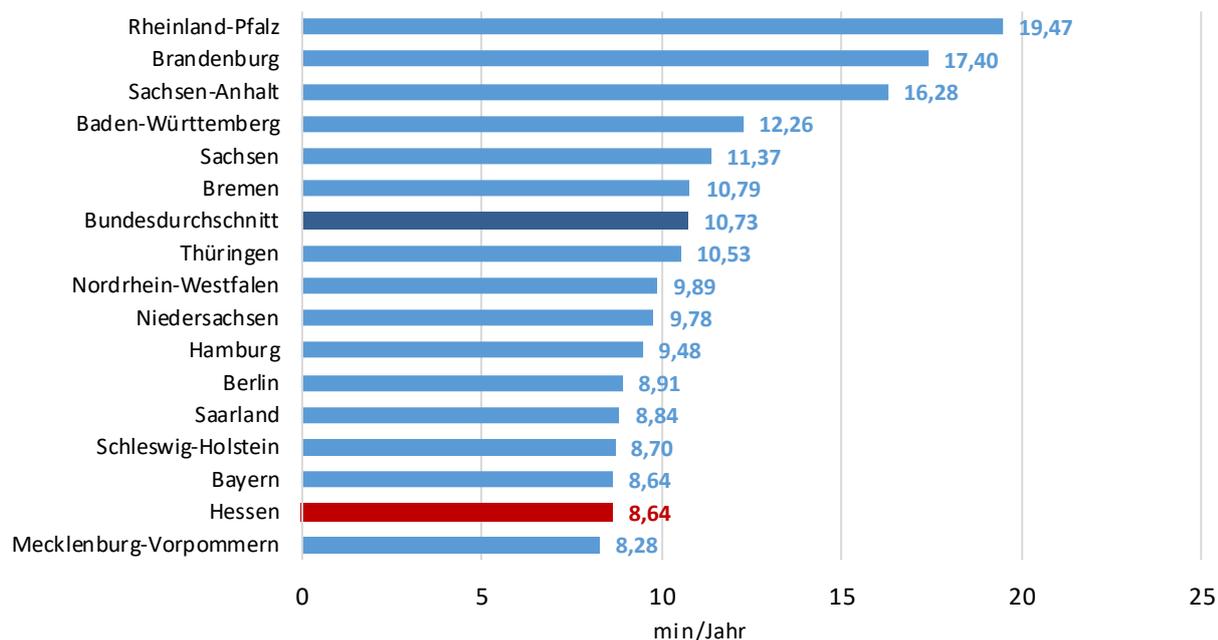
Ein stabiles Stromnetz ist für die Gesellschaft und die Wirtschaft gleichermaßen wichtig. Zur Gewährleistung der Netzstabilität und Versorgungssicherheit müssen die Erzeugung, der Transport und der Verbrauch von Strom aufeinander abgestimmt werden. Hierfür steht den Netzbetreibern ein breites Instrumentarium zur Verfügung. Nach einem Blick auf die erfassten Versorgungsunterbrechungen werden die durch die ÜNB getroffenen Netzsicherheitsmaßnahmen dargestellt.

#### Versorgungsunterbrechungen

Versorgungsunterbrechungen mit einer Dauer von über 3 Minuten werden von den Netzbetreibern an die Bundesnetzagentur gemeldet. Wie in den Vorjahren lag im Jahr 2020 der System Average Interruption Duration Index – kurz SAIDI – für Hessen mit 8,64 Minuten deutlich unter dem Bundeswert (10,73 Minuten). Damit wies Hessen zusammen mit Bayern den zweitniedrigsten Wert bundesweit auf, nur in Mecklenburg-Vorpommern war der SAIDI noch niedriger (8,28 Minuten), wie aus Abbildung 46 ersichtlich ist. Den höchsten Wert wies Rheinland-Pfalz auf (19,47 Minuten).

Gegenüber dem Vorjahr ging in Hessen der SAIDI um 2,18 Minuten zurück. Auch in den meisten anderen Bundesländern wurden weniger Versorgungsunterbrechungen gemeldet, sodass ein negativer Einfluss der zunehmend dezentralen Erzeugungsstruktur auf die Versorgungsqualität der Stromnetze nicht zu erkennen ist.

Der SAIDI bezeichnet die durchschnittliche Dauer der Versorgungsunterbrechung für Nieder- und Mittelspannung je angeschlossenem Letztverbraucher. In die Berechnung fließen nur ungeplante Unterbrechungen ein, die auf atmosphärische Einwirkungen, Einwirkungen Dritter oder des Netzbetreibers oder auf sogenannte Rückwirkungsstörungen zurückzuführen sind. Zu berücksichtigen ist, dass die Länderwerte nur näherungsweise deckungsgleich mit dem jeweiligen Bundesland sind, da die Versorgungsunterbrechungen nur dem jeweiligen Netzgebiet des Netzbetreibers zugeordnet werden. Hat ein Netzbetreiber ein Netzgebiet, das sich in mehr als einem Bundesland befindet, werden die Versorgungsunterbrechungen dem Bundesland zugerechnet, in dem der Netzbetreiber seinen Firmensitz hat (BNetzA 2022h).

**Abbildung 46: Versorgungsunterbrechungen (SAIDI) Strom nach Bundesländern 2020 (in min/Jahr)**

Quelle: BNetzA 2022h.

### Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen

Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen haben durch den Wandel der Energiesysteme und der Netzbelastungen infolge des Ausbaus von relativ lastfernen Windenergieanlagen an Bedeutung gewonnen. Die Übertragungsnetzbetreiber sind verpflichtet, zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen zu ergreifen. Folgende Maßnahmen werden unterschieden:

- Redispatch: Reduzierung und Erhöhung der Strom-einspeisung von Kraftwerken.
- Netzreservekraftwerke: Einsatz von Kraftwerken zur Bereitstellung noch fehlender Redispatchleistung aus der Netzreserve.
- Einspeisemanagement (EinsMan): Abregelung von Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energie- und KWK-Anlagen auf Verlangen des Netzbetreibers. Die Abregelung von erneuerbarer Erzeugung setzt eine gleichzeitige Erhöhung von Erzeugung an netzverträglicher Stelle zum Ausgleich der Energiebilanz voraus.
- Anpassungsmaßnahmen: Anpassungen von Strom-einspeisungen und / oder Stromabnahmen auf Verlangen des Netzbetreibers, wenn andere Maßnahmen nicht ausreichen.

Im Jahr 2021 ist das Maßnahmenvolumen für Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen bundesweit um 19 Prozent im Vergleich zum Vorjahr gestiegen. Die vorläufigen Gesamtkosten lagen bei rund 2,3 Mrd. Euro (2020: 1,4 Mrd. Euro). Ursachen für diesen Anstieg sind Nichtverfügbarkeiten von Kraftwerken, Reparaturarbeiten an einem Umspannwerk sowie die stark gestiegenen Großhandelspreise. Im Folgenden werden die einzelnen Maßnahmenkategorien mit Fokus auf hessische Netzelemente dargestellt (BNetzA 2022i).

### Redispatch

Im Jahr 2021 wurden im Rahmen des Redispatchprozesses von konventionellen Markt- und Netzreservekraftwerken Einspeisereduzierungen und -erhöhungen in Höhe von rund 21.546 GWh angefordert. Dies bedeutet eine Erhöhung um 28,3 Prozent im Vergleich zum Vorjahr (2020: 16.795 GWh). Ursachen für den Anstieg waren zum einen durch Niedrigwasser bedingte Probleme bei der Kohlelogistik, was zu einer eingeschränkten Betriebsbereitschaft von mehreren Kraftwerken in Süddeutschland führte. Zum anderen wirkte sich die Unterspülung eines Umspannwerks infolge starker Regenfälle im Juli aus. Differenziert nach Maßnahmengrund entfielen 20.537 GWh auf strombedingte Redispatchmaßnahmen und 1.009 GWh auf spannungsbedingte Redispatchmaßnahmen.

In Abbildung 47 ist die Dauer von strombedingten Redispatchmaßnahmen auf den bundesweit am stärksten betroffenen Netzelementen im Jahr 2020 kartografisch dargestellt. In Hessen waren die am stärksten betroffenen Netzelemente Mecklar – Dipperz (170 Stunden), Borken – Gießen (85 Stunden), Dipperz – Großkrotzenburg (84 Stunden), der Stromkreis Bergshausen – Borken (77 Stunden) und der Stromkreis Borken – Waldeck – Twistetal (48 Stunden). Die Gesamtdauer der strombedingten Redispatchmaßnahmen für in Hessen liegende Netzelemente lag mit 464 Stunden deutlich niedriger als im Jahr 2020 (675 Stunden). Besonders stark war der Rückgang im Netzelement Dipperz – Großkrotzenburg.

Die Dauer von spannungsbedingten Redispatchmaßnahmen lag deutschlandweit im Jahr 2021 bei insgesamt 2.601 Stunden. Auch hier ist eine deutliche Abnahme im Netzgebiet Dipperz – Großkrotzenburg auf 184 Stunden. (2020: 1.247 Stunden) festzustellen. Weiterhin betroffen waren die Netzgebiete Ovenstädt – Bechterdissen – Borken (1.100 Stunden) sowie Mehrum – Grohnde – Borken (41 Stunden). Da sich spannungsbedingte Redispatchmaßnahmen auf räumlich größere Netzregionen und nicht auf einzelne Leitungen bzw. Umspannwerke beziehen, wird auf eine kartografische Darstellung verzichtet.

### Netzreservekraftwerke

Im Jahr 2021 wurden bundesweit inklusive Probe- und Testfahrten insgesamt an 217 Tagen (2020: 191 Tage) Netzreserveeinsätze mit einem Umfang von 1.280 GWh (2020: 635 GWh) getätigt (BNetzA 2022i). Im Winter 2021/2022 wurden die meisten Netzreserveeinsätze seit Bestehen der Netzreserve verzeichnet. Zwischen dem 01. Oktober 2021 und dem 22. April 2022 wurden von den Übertragungsnetzbetreibern an 175 von 204 Tagen Redispatchmaßnahmen durch die deutschen Netzreservekraftwerke angefordert. Der Vorjahreswert lag demgegenüber bei nur 75 Tagen. Mit über 100 Tagen verzeichneten die meisten Einsatztage die Gaskraftwerke UPM Schongau und Daxlanden RDK 4. Die hessischen Netzreservekraftwerke, das Gasturbinenkraftwerk Darmstadt (GTKW) und der Block 4 des Kraftwerks Staudinger, verzeichneten 16 bzw. 6 Einsatztage und zählten damit zu den bundesweit am wenigsten eingesetzten Netzreservekraftwerken (BNetzA 2022m).

Der Anstieg der Netzreserveeinsätze ist zum einen auf klimatische Einflüsse zurückzuführen. So wurde während der starken Regenfälle im Juli 2021 in Südhessen ein Umspannwerk unterspült, die notwendigen Reparaturarbeiten hatten hohe Redispatcheinsätze zur Folge.

Zudem kam es zu zwei langen Niedrigwasserperioden, während der aufgrund der niedrigen Pegelstände des Rheins die Kohletransportschiffe nur mit reduzierten Transportkapazitäten Kohle befördern konnten. Daher wurden Kohlekraftwerke gezielt herunter- und Gaskraftwerke hochgefahren, um die Kohlevorräte der süddeutschen Kraftwerke zu schonen.

Zum anderen kamen die Abschaltung des Kernkraftwerks Gundremmingen C Ende 2021 und die damit einhergehende starke Auslastung der Transportleitung in Süddeutschland sowie die Integration des Einspeisemanagements in das Regime des Redispatches zum Tragen (BNetzA 2022m).

### Einspeisemanagement (EinsMan)

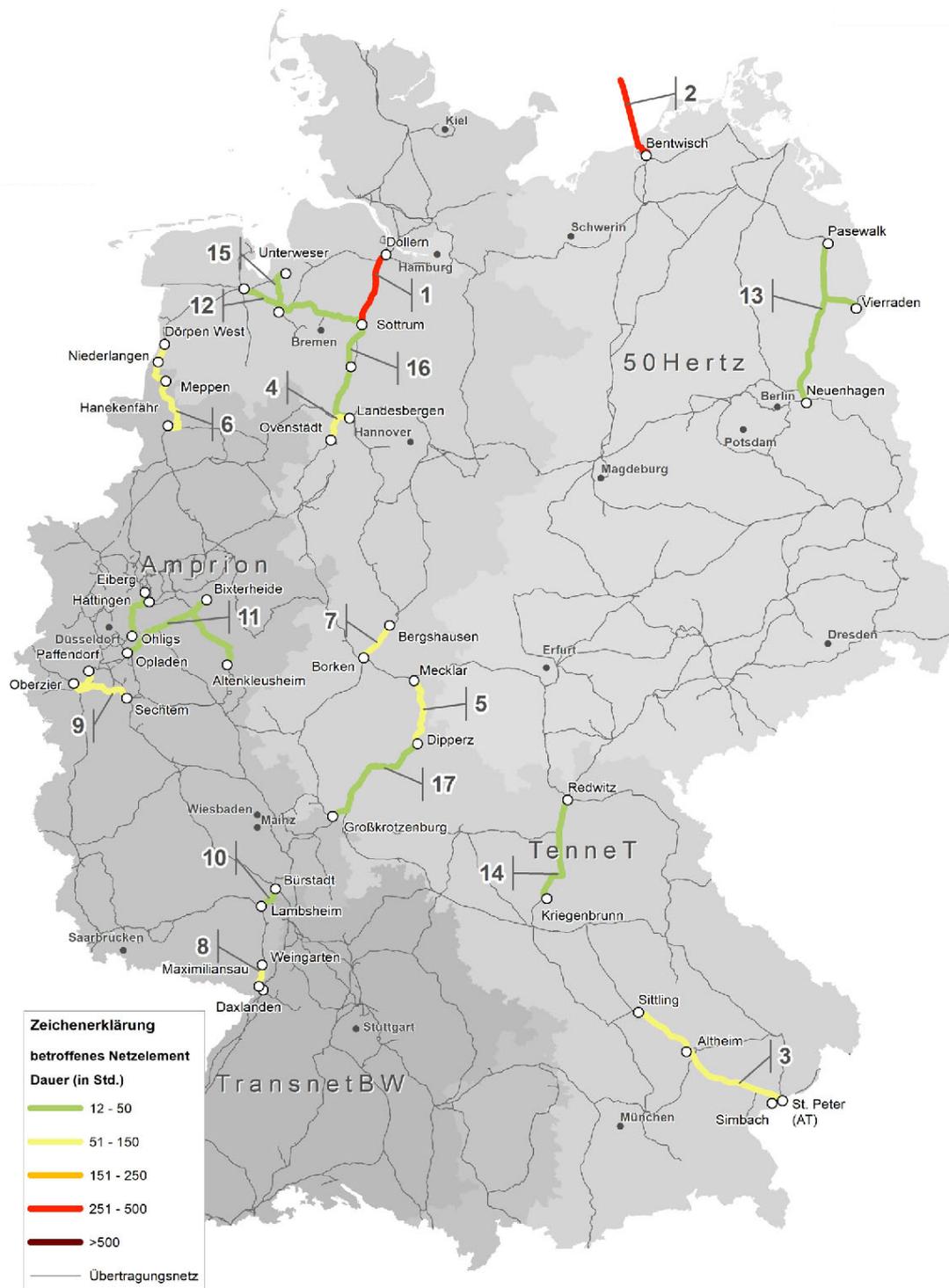
Im Jahr 2021 fanden in Hessen wie auch im Vorjahr keine Abregelungen im Übertragungsnetz statt. Im Verteilnetz lag die Ausfallarbeit bei 25 GWh und damit höher als im Vorjahr (23 GWh). Die geschätzten EinsMan-Entschädigungsansprüche der Anlagenbetreiber beliefen sich auf 2,6 Mio. Euro (2020: 2,1 Mio. Euro).

Bundesweit lagen die absoluten Abregelungsmengen insgesamt mit 5.818 GWh um rund 5 Prozent niedriger als im Vorjahr (2020: 6.146 GWh). Mit einem Anteil von rund 95 Prozent der Ausfallarbeit ist die Windenergie der am meisten abgeregelte Energieträger, wobei ca. 59 Prozent auf Windenergie an Land und ca. 36 Prozent auf Windenergie auf See entfielen.

### Anpassungsmaßnahmen

Wie in den Vorjahren entfielen auf Hessen im Jahr 2021 keine Anpassungsmaßnahmen. Bundesweit wurden Anpassungsmaßnahmen in Höhe von insgesamt 22,02 GWh vorgenommen (2020: 16,8 GWh). Mit 16,09 GWh entfielen nahezu drei Viertel der Anpassungen von Stromeinspeisungen auf Brandenburg.

Abbildung 47: Dauer von strombedingten Redispatchmaßnahmen auf den am stärksten betroffenen Netzelementen in Deutschland 2021



Die in der Karte angegebenen Nummern bezeichnen die Netzelemente.

Quelle: BNetzA 2022i.

## 7.5 Gasnetz und Versorgungssicherheit

Mit Anteilen von 28,4 Prozent am Primärenergieverbrauch und 23,3 Prozent am Endenergieverbrauch ist Gas auch für Hessen eine wesentliche Komponente der Energieversorgung (siehe Kapitel 3). Der Energieträger Gas wird insbesondere zur Beheizung von Gebäuden genutzt, aber auch zur Stromproduktion eingesetzt. Gas dient zudem als Grundstoff insbesondere für die Chemische Industrie sowie als Kraftstoff im Verkehrssektor.

Rund 95 Prozent des Erdgasverbrauchs in Deutschland werden durch Erdgasimporte gedeckt (AGEB 2022). Wichtiges Lieferland ist Russland. Infolge des Angriffskriegs Russlands in der Ukraine ist die Frage der Versorgungssicherheit daher dramatisch in den Fokus gerückt.

### Gasnetz

Die Länge des Fernleitungsnetzes und des Verteilungsnetzes in Deutschland hat insgesamt eine Länge von rund 511.000 Kilometer (BMWK 2022d). Dabei werden über deutsches Staatsgebiet auch erhebliche Gasmengen in andere EU-Staaten transportiert.

Mehrere großräumige Rohrleitungen verlaufen durch Nord-, Mittel- und Südhessen und binden die in Hessen liegenden Untertagespeicher in Reckrod, Stockstadt und Hähnlein an das deutsche Gasnetz an. Die Länge des hessischen Gas-Verteilernetzes betrug zum 31. Dezember 2020 insgesamt 28.443 Kilometer. Bei der Verteilung des Erdgases in regionale Verteilungsnetze entsteht ein Gasdruck über 1 Bar (Hochdruck). Der Gasdruck bei örtlichen Gasleitungen auf kommunaler Ebene liegt bei unter 1 Bar (Mitteldruck). In Gasleitungen für Hausanschlüsse herrscht ein Druck von unter 100 Millibar (Niederdruck). Differenziert nach Druckstufen entfielen im hessischen Gasnetz 6.430 Kilometer auf Hochdruckleitungen, 11.234 Kilometer auf Mitteldruckleitungen und 11.630 Kilometer auf Niederdruckleitungen (LDEW 2022).

Das Erdgasnetz könnte zukünftig auch eine wichtige Rolle für die Speicherung von in Wasserstoff umgewandeltem regenerativen Strom dienen (BDEW 2022c, Fraunhofer IIS 2021).

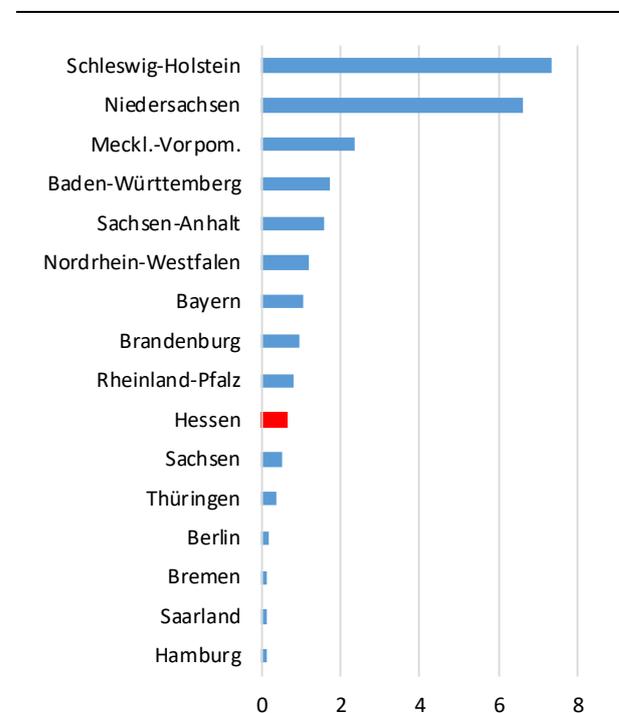
### Versorgungsunterbrechungen

Der SAIDI-Wert in Hessen lag im Jahr 2021 bei 0,68 Minuten. Damit ist die durchschnittliche Unterbrechung der Versorgung von Letztverbrauchern mit Gas gegenüber dem Vorjahr um 0,35 Minuten gesunken. Im Gegensatz zu Hessen ist im Bundesdurchschnitt der SAIDI-Wert von 1,09 Minuten im Jahr 2020 auf 2,18 Minuten im Jahr 2021 gestiegen.

Zu beachten ist, dass in die Berechnung des SAIDI-Werts nur ungeplante Unterbrechungen einfließen, die auf Einwirkungen durch Dritte, Störungen im Bereich des Netzbetreibers, Rückwirkungen aus anderen Netzen oder auf sonstige Störungen zurückzuführen sind.

Abbildung 48 zeigt die SAIDI-Werte für die Bundesländer im Jahr 2021. Die mit Abstand höchsten Werte weisen Schleswig-Holstein (7,35 Minuten) und Niedersachsen (6,61 Minuten) auf. Beide Bundesländer lagen im Vorjahr noch bei rund 1 Minute und damit geringfügig unter dem Bundesdurchschnitt. In diesem Jahr bei etwa 1 Minute liegen dagegen Brandenburg und Bayern, die im Vorjahr mit Abstand die höchsten Unterbrechungsdauern hatten (6,46 bzw. 4,69 Minuten). Somit ist eine hohe Volatilität im Zeitverlauf zu konstatieren. Bei der Betrachtung auf Bundesländerebene ist zudem zu berücksichtigen, dass die von den Gasnetzbetreibern der BNetzA gemeldeten Versorgungsunterbrechungen dem jeweiligen Netzgebiet des Netzbetreibers zugeordnet werden. Erstreckt sich ein Netzgebiet über die Bundeslandgrenzen hinweg, werden die Versorgungsunterbrechungen dem Bundesland zugerechnet, in dem der Netzbetreiber seinen Firmensitz hat.

**Abbildung 48: SAIDI-Werte in den Bundesländern 2021 (in min/Jahr)**

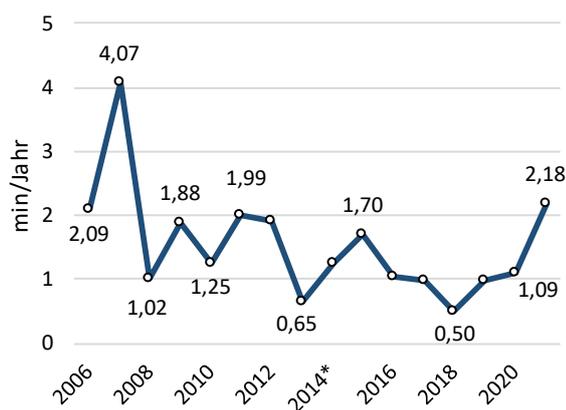


Quelle: BNetzA 2022k.

In Abbildung 49 ist die langjährige Entwicklung des SAIDI-Werts Gas seit 2006 für Deutschland dargestellt. Es zeigt sich, dass abgesehen von dem Ausreißerjahr

2017 der Wert sich zwischen 0,5 Minuten und 2,1 Minuten bewegte. Der diesjährige Wert von 2,18 Minuten liegt zwar leicht über dem langjährigen Mittelwert von 2006 bis 2021 (1,54), man kann jedoch von einer zuverlässigen Gasversorgung im Jahr 2021 sprechen.

**Abbildung 49: Entwicklung des SAIDI-Wertes für die deutschen Gasnetze 2006-2021 (in min/Jahr)**



\* Wert für 2014 ohne Unfall an der Erdgasleitung Rhein-Main (ERM), da keine Auswirkungen auf Tarifkunden gegeben waren. Mit Berücksichtigung des ERM-Unfalls beträgt der SAIDI-Wert für 2014 etwa 16,8 Minuten.

Quelle: BNetzA 2022k.

## Versorgungssicherheit und Erdgasspeicher

Rund 55 Prozent der Erdgasimporte Deutschlands im Jahr 2021 stammten aus Russland. Mit der Pipeline Nord Stream 2 stand eine weitere Verbindung für Gaslieferungen nach Deutschland kurz vor dem Start. Der Angriffskrieg Russlands in der Ukraine machte die Folgen dieser starken Abhängigkeit und die daraus folgenden hohen Risiken für eine verlässliche Energieversorgung deutlich. Sowohl von der Bundesregierung als auch von der EU erfolgten daher eine Vielzahl an gesetzgeberischen Maßnahmen und Aktivitäten, um die Versorgung insbesondere mit Erdgas auf eine breitere Basis zu stellen (vgl. auch Kasten).

### Maßnahmen von EU und Deutschland zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit

Der russische Überfall auf die Ukraine am 24. Februar 2022 und der seitdem währende Angriffskrieg bringt verheerende Folgen für die ukrainische Bevölkerung mit sich und hat die politische Stabilität in Europa zum Wanken gebracht. Zudem wurden die starke Abhängigkeit – insbesondere Deutschlands – von Russland als Lieferant fossiler Energieträger und die damit verbundenen hohen Risiken für die Versorgungssicherheit von Bevölkerung und Wirtschaft offenbar. So ist seit Kriegsbeginn ein weiterer Anstieg der bereits im Jahr 2021 stark gestiegenen Preise für Mineralöl und Gas festzustellen. Auch wurden die Gaslieferungen seitens Russlands stark reduziert, in einige EU-Länder sogar gänzlich eingestellt. Die davon betroffenen Unternehmen müssen diese Mengen zu deutlich höheren Preisen anderweitig am Markt beschaffen.

Seitens der EU wurden mehrere Sanktionspakete als Reaktion auf Russlands Angriffskrieg in der Ukraine verabschiedet. Hierzu zählen u. a. das Einfrieren von Vermögenswerten und Reisebeschränkungen für russische Personen und Organisationen, Wirtschaftssanktionen, das Verbot der Einfuhr von Rohöl und raffinierten Erdölzeugnissen aus Russland sowie die Erhöhung der Gasreserven, um eine ausreichende Versorgung der Bürgerinnen und Bürger Europas sicherzustellen. Die Gasspeicherkapazitäten in der EU sollen vor dem Winter ausreichend gefüllt und zwischen den Mitgliedsstaaten geteilt werden.

Die Bundesregierung stoppte bereits im Februar das Genehmigungsverfahren für die Inbetriebnahme der Ostseepipeline Nord Stream 2. Zudem wurde vor dem Hintergrund der großen Abhängigkeit von Russland als Erdgaslieferant und wegen der Befürchtung eines möglichen Lieferstopps eine Vielzahl an Maßnahmen zur Sicherung der Gasversorgung getroffen, u. a. (BMWK 2022f, BMWK 2022g, BMWK 2022h, BMWK 2022i)

- ein Ankaufprogramm zur Diversifikation der Bezugsquellen,
- das am 30. April 2022 in Kraft getretene Gasspeichergesetz mit Vorgaben zum Füllstand von Gasspeicheranlagen,

- die Änderung des Energiesicherungsgesetzes am 22. Mai 2022,
- die Übernahme der Treuhandenschaft der Gazprom Germania,
- die Errichtung von LNG-Terminals,
- Maßnahmen zur Senkung des Gasverbrauchs (z. B. Gas-Auktions-Modell),
- die Beschließung des Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetzes, das die Rückkehr von Öl- und Kohlekraftwerken aus der Netzreserve an den Strommarkt ermöglicht,
- die Stärkung der Einspeicherung durch zusätzliche KfW-Kreditlinien für die Trading Hub Europe GmbH (THE),
- die Befüllung des größten Gasspeichers Rehden durch die THE,
- Wirtschaftshilfen für energieintensive Unternehmen und
- die Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energieanlagen.

Am 30. März 2022 hat der Bundeswirtschaftsminister die Frühwarnstufe des Notfallplans Gas in Deutschland ausgerufen. Der Notfallplan Gas für die Bundesrepublik Deutschland (BMWE 2019) wurde gemäß Art. 8 der Verordnung 2017/1938 des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2017 über Maßnahmen zur Gewährleistung der sicheren Gasversorgung im September 2019 verabschiedet. Wegen Kürzung der Gaslieferungen durch Russland und des starken Anstiegs der Marktpreise wurde am 23. Juni 2022 die Alarmstufe im Notfallplan Gas ausgerufen.

### Untertage-Gasspeicherung

Für die Lagerung des Erdgases werden Untertage-Erdgasspeicher genutzt, die zum Ausgleich tages- und jahreszeitlicher Verbrauchsspitzen und der Gewährleistung der Versorgungssicherheit dienen. Den Gasspeichern kommt damit eine klassische Pufferfunktion zu. Als Speichertypen unterscheidet man Porenspeicher (insbesondere in Sandsteinformationen ehemaliger Erdöl- bzw. / oder Erdgaslagerstätten) und Kavernenspeicher (Salzkavernenspeicher).

Der Ausgleich tageszeitlicher Schwankungen erfolgt durch Kavernenspeicher, die in ihrer Ein- und Ausschleicherleistungsfähiger sind. Der Ausgleich jahreszeitlicher temperaturabhängiger Verbrauchsspitzen erfolgt in der Regel durch Porenspeicher. Porenspeicher reagieren durch die natürlichen Fließwege im kapillaren Porenraum der Speichergesteine in der Regel langsamer auf Veränderungen von Förderraten als Kavernenspeicher.

Das derzeit technisch nutzbare (installierte) maximale Arbeitsgasvolumen der Erdgasspeicher in Deutschland lag zum 31. Dezember 2021 bei 23,3 Mrd. Kubikmeter, davon 14,8 Mrd. Kubikmeter in Kavernenspeichern und 8,5 Mrd. Kubikmeter in Porenspeichern. Gegenüber dem Vorjahr bedeutet dies insgesamt eine Abnahme um ca. 0,4 Mrd. Kubikmeter bzw. rund 1,7 Prozent. Die Anzahl der Standorte verringerte sich von 47 auf 45 Standorte (LBEG 2022).

### Kavernenspeicher

Bundesweit gab es an 30 Standorten 273 Kavernenspeicher für Erdgas, die ein Arbeitsgasvolumen von insgesamt 14,8 Mrd. Kubikmeter umfassen. In Hessen liegen drei Kavernenspeicher am Standort Reckrod mit einem Arbeitsgasvolumen von insgesamt 110 Mio. Kubikmeter.

Die größten Kavernenspeicher befinden sich in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Derzeit in Bau oder Planung befinden sich an fünf Standorten 38 Einzelspeicher, davon acht Einzelspeicher im Speicher Jemgum in Niedersachsen. Betreiber sind hier neben der VNG Gasspeicher GmbH die in Kassel ansässigen Unternehmen Astora und WINGAS. Beide sind Töchter der SEFE Securing Energy for Europe GmbH Deutschland. Unter diesem Namen firmiert seit 20. Juni 2022 die ehemalige GAZPROM Germania.

### Porenspeicher

Von den bundesweit insgesamt 15 Erdgas-Porenspeichern befinden sich drei in Hessen. Der Porenspeicher am Standort Hähnlein hat ein Arbeitsgasvolumen in Höhe von 80 Mio. Kubikmeter. In Stockstadt werden zwei Speicher betrieben, die zusammen ein Arbeitsgasvolumen von 135 Mio. Kubikmeter haben.

Der bundesweit mit weitem Abstand größte Porenspeicher mit einem Arbeitsgasvolumen von 3.900 Mio. Kubikmeter befindet sich in Rehden/Niedersachsen. Eigentümer des Gasspeichers sind Astora und WINGAS (LBEG 2021).

## Füllstand der Erdgasspeicher

Die Erdgasspeicher sind in der aktuellen Lage von erheblicher Bedeutung, um eine stabile Energieversorgung zu sichern. Die Bundesregierung hat daher im Rahmen der Änderung des Energiesicherheitsgesetzes (BMWK 2022g) die Stilllegung von Gasspeichern unter einen Genehmigungsvorbehalt gestellt. Die vorläufige oder endgültige Außerbetriebnahme von Gasspeicheranlagen, Teilen dieser Anlagen oder des Netzanschlusses muss die Bundesnetzagentur vorher genehmigen. Mithilfe einer digitalen Plattform für Erdgas soll künftig die Gasversorgung auch im Krisenfall sichergestellt werden. In einer nationalen Notfallsituation können Gasmengen in einem effizienten und digitalen Verfahren angeboten und zugeteilt werden.

Entscheidend für die Sicherstellung der Versorgung ist der Füllstand der Erdgasspeicher. Diese waren am 31. März 2022 zu knapp 27 Prozent gefüllt und damit deutlich weniger als zum gleichen Zeitpunkt in den Jahren zuvor. Der niedrige, mittlere Füllstand der deutschen Erdgasspeicher war insbesondere bedingt durch den größten deutschen Gasspeicher in Rehden, dessen Füllstand zu Beginn des Krieges bei nahezu Null lag.

Seit Ausrufen der Frühwarnstufe veröffentlicht die Bundesnetzagentur werktäglich einen aktuellen Lagebericht über den Füllstand der Erdgasspeicher in Deutschland. Europaweite Angaben zu den Füllständen werden ebenfalls täglich im Aggregates Gas Storage Inventory ausgewiesen. Bis zum 1. November 2022 sollte nach Vorgaben der Bundesregierung ein Füllstand von 95 Prozent als Vorsorge für den Winter erreicht sein (BMWK 2022j). Bereits am 15.10.2022 lag der durchschnittliche Füllstand der deutschen Gasspeicher bei 96,0 Prozent. Damit wurde das Ziel früher als geplant erreicht. Die hessischen Speicher waren mit 99,9 Prozent (Stockstadt und Hähnlein) und 99,1 Prozent (Reckrod) mit Erdgas befüllt. EU-weit wurde ein durchschnittlicher Füllstand von 92,4 Prozent erreicht (Gas Infrastructure Europe – Aggregates Gas Storage Inventory 2022).

## 7.6 Fernwärmenetze

Ein wichtiger Baustein zum Gelingen der Energiewende im Wärmebereich ist die Nutzung von Fernwärme aus erneuerbaren Energien. Besonderes Potenzial wird auch in der stärkeren Nutzung der Abwärme von Rechenzentren und Produktionsstätten aus industriellen Prozessen gesehen (AGFW 2022). Bislang kommt die Fernwärme noch überwiegend aus fossilen Quellen, nämlich durch die

Verbrennung von Kohle und Erdgas in KWK-Anlagen sowie in Heiz- und Heizkraftwerken. Gemäß Angaben des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft lag der Anteil erneuerbarer Energien an der Fernwärme im Jahr 2021 deutschlandweit bei 17,5 Prozent (BDEW 2022d).

Gemäß verschiedener Studien wird der Anteil der Fernwärme am gesamten Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser zukünftig ansteigen (HIC/FfE 2021, Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende 2021, Hamburg Institut, Prognos 2020, IREES, ifeu, Fraunhofer ISI, Prognos AG 2020). Dies erfordert einen Ausbau der Fernwärmenetze.

Angaben zur Entwicklung der Fernwärmenetze in Deutschland stellt der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK (AGFW) bereit. In Tabelle 18 ist die Entwicklung für Hessen dargestellt (AGFW 2021). Unterschieden wird jeweils in Wassernetz und Dampfnetz. Als Wärmeträger wird überwiegend Heizwasser eingesetzt. Wärmeversorgungen mit Dampf werden häufig für industrielle Anwendungen und / oder zur Übertragung größerer Energiemengen genutzt. Im Erhebungsjahr 2020 ist in Hessen gegenüber dem Erhebungsjahr 2019 ein Fernwärme-Versorgungsunternehmen hinzugekommen.

Im Vergleich zum Vorjahr sind im Jahr 2020 die Trassenlänge (+31 km), die Zahl der Hausübergabestationen (+ 670) und die Leistung der Fernwärmenetze (+47 MW) gestiegen. Der Rückgang der nutzbaren Wärmeabgabe (-575 TJ) ist allein auf den Rückgang bei den Dampfnetzen zurückzuführen.

Im Zeitraum zwischen 2012 und 2020 hat die Trassenlänge der Fernwärmenetze insgesamt von 961 Kilometer auf 1.176 Kilometer (+22,3%) zugenommen, wobei der Anstieg im Wesentlichen auf die Ausweitung des Wassernetzes zurückzuführen ist (+212 km). Im gleichen Zeitraum ist die Leistung der Fernwärmenetze um insgesamt 776 MW bzw. knapp 31 Prozent und die Zahl der Hausübergabestationen um 10 Prozent gestiegen.

**Tabelle 18: Fernwärmenetze in Hessen: Trassenlänge, Haushaltsübergabestationen, Leistung und nutzbare Wärmeabgabe 2012-2020**

Netzdaten und Leistung	2012	2015	2019	2020	Veränderung 2012-2020	Veränderung 2019-2020
<b>Trassenlänge (in km)</b>						
Insgesamt	961,2	1.134,2	1.144,9	1.175,7	22,3%	2,7%
Wassernetz	915,0	1.086,0	1096,0	1127,0	23,2%	2,8%
Dampfnetz	46,2	48,2	48,9	48,7	5,4%	-0,4%
<b>Hausübergabestationen (Anzahl)</b>						
Insgesamt	17.300	20.662	18.367	19.037	10,0%	3,6%
Wassernetz	16.947	20.315	17.998	18.663	10,1%	3,7%
Dampfnetz	353	347	369	374	5,9%	0,0%
<b>Leistung (in MW)</b>						
Insgesamt	2.540,6	3.142,9	3.270,2	3.317,0	30,6%	1,4%
Wassernetz	2.027,0	2.620,0	2.759,0	2.798,0	38,0%	1,4%
Dampfnetz	513,6	522,9	511,2	519,0	1,1%	1,5%
<b>Nutzbare Wärmeabgabe (in TJ)</b>						
Insgesamt	13.611	15.224	15.718	15.143	11,3%	-3,7%
Wassernetz	10.883	12.023	12.283	13.025	19,7%	6,0%
Dampfnetz	2.728	3.201	3.435	2.118	-22,4%	-38,3%

Quelle: AGFW 2021.



# Verkehr und Elektromobilität



## 8 Verkehr und Elektromobilität

Das Infektionsgeschehen der Pandemie im Jahr 2021 war zunächst durch das Abklingen der zweiten Corona-Welle bis März 2021 und direkt im Anschluss durch die dritte Welle geprägt, die im April ihren Höhepunkt erreichte und sich bis Ende Mai wieder abbaute. In den Sommermonaten Juni und Juli blieben die Inzidenzzahlen niedrig und dies schlug sich in einer Belebung des Tourismusegeschäfts nieder. Aber bereits im August, mit Ende der Schulferien stiegen die Infektionszahlen wieder an und die vierte Corona-Welle baute sich für den Rest des Jahres auf. Dies ging einher mit einem signifikanten Anstieg der Todesfälle und einer abermaligen Verschärfung der Schutzmaßnahmen. Auf breiter Basis fanden wieder Home-Office, Home-Schooling und Online-Studium statt, was sich in einer rückläufigen Verkehrsnachfrage der privaten Haushalte niederschlug.

Demgegenüber verzeichnete der Welthandel im Jahr 2021 trotz anhaltender Belastung durch Corona-Pandemie und Lieferstau ein Rekordniveau von 28,5 Billionen US-Dollar. Das ist eine Zunahme von 25 Prozent gegenüber 2020 und 13 Prozent mehr als 2019, bevor die COVID-19-Pandemie ausbrach (Unctad 2022). Nach ersten vorliegenden Ergebnissen hat sich der Außenhandel auch in Hessen im Jahr 2021 spürbar erholt. So wurden Waren im Wert von 68,6 Mrd. Euro exportiert, ein kräftiges Plus von 10,9 Prozent gegenüber 2020. Noch lebhafter war 2021 die Entwicklung auf der Importseite mit einem Plus von 18,3 Prozent im Vorjahresvergleich auf 119,3 Mrd. Euro (Hessen Agentur 2022).

Im Jahr 2020 hatte die Corona-Pandemie den Verkehrssektor in bisher beispielloser Weise schrumpfen lassen. Sinnbildlich dafür wurde am internationalen Flughafen Frankfurt am Main, der vor der Corona-Pandemie zu den größten Passagier- und Frachtflughäfen der Welt zählte, die Landebahn Nord über Monate hinweg als Parkplatz für Flugzeuge verwendet. Die Zahl der Flugzeugbewegungen sank um fast 60 Prozent, die der beförderten Passagiere um fast drei Viertel (Fraport 2021). Demgegenüber fiel der Einbruch bei der Luftfracht mit einem Minus von 8,3 Prozent relativ gering aus.

Im Jahr 2021 konnte sich die Entwicklung dieser drei Indikatoren gegenüber dem Vorjahr wieder spürbar erholen (Flugbewegungen: +23,4 %, Passagiere: +32,2 % und Fracht: +18,8 %). Im Vergleich zum Vor-Corona-Jahr

2019 blieben Flugbewegungen (-49,0 %) und beförderte Passagiere (-64,8 %) aber weiterhin sehr deutlich zurück. Der Frachtbereich profitierte hingegen durch die Belebung des Außenhandels immens und konnte einen Zuwachs (+8,8 %) gegenüber dem Vergleichsjahr 2019 erzielen (Fraport 2022).

### 8.1 Endenergieverbrauch im Verkehrssektor

Das IE-Leipzig schätzt für das Jahr 2021 einen Endenergieverbrauch (EEV) des Verkehrssektors in Höhe von 291,2 PJ. Dies bedeutet einen Anstieg um 18,7 PJ bzw. 6,8 Prozent gegenüber dem Vorjahr, das Niveau des Jahres 2019 wurde aber um 26 Prozent unterschritten (siehe Abbildung 50).<sup>20</sup>

Insbesondere durch die Belebung des Flugfrachtverkehrs hat sich der Treibstoffverbrauch im Luftverkehr um 20,4 PJ bzw. 21,7 Prozent erhöht. Mit einem Gesamtverbrauch von 114,6 PJ lag der Energieverbrauch des Luftverkehrs aber noch um 43 Prozent unter dem Vorkrisenniveau.

Obwohl der weitaus größte Teil des am Flughafen Frankfurt getankten Kerosins für den internationalen Luftverkehr außerhalb der hessischen Landesgrenzen eingesetzt wird, erfolgt gemäß dem Standortprinzip, das für die Erstellung der Energiebilanzen der Bundesländer und des Bundes angewendet wird, dessen gesamte Erfassung im EEV von Hessen.<sup>21</sup>

Im Straßenverkehr war der Energieverbrauch auch im zweiten Corona-Jahr weiter leicht rückläufig. Der Jahresverbrauch 2021 dürfte mit 171,3 PJ etwa 1,8 PJ bzw. 1,1 Prozent niedriger als im Vorjahr ausfallen. Im Vergleich zum Vorkrisenjahr 2019 beziffert sich der Gesamttrückgang auf 9,2 Prozent. Im Schienenverkehr hat sich der Energieverbrauch geringfügig um 0,1 PJ (+3,0 %) erhöht, die Binnenschifffahrt verzeichnete in gleicher absoluter Höhe (-0,1 PJ bzw. -7,4 %) einen Verbrauchsrückgang. Durch diese Entwicklungen hat sich die anteilige Zusammensetzung des EEV nach den einzelnen Verkehrsträgern gegenüber dem Vor-Corona-Jahr 2019 deutlich verändert:

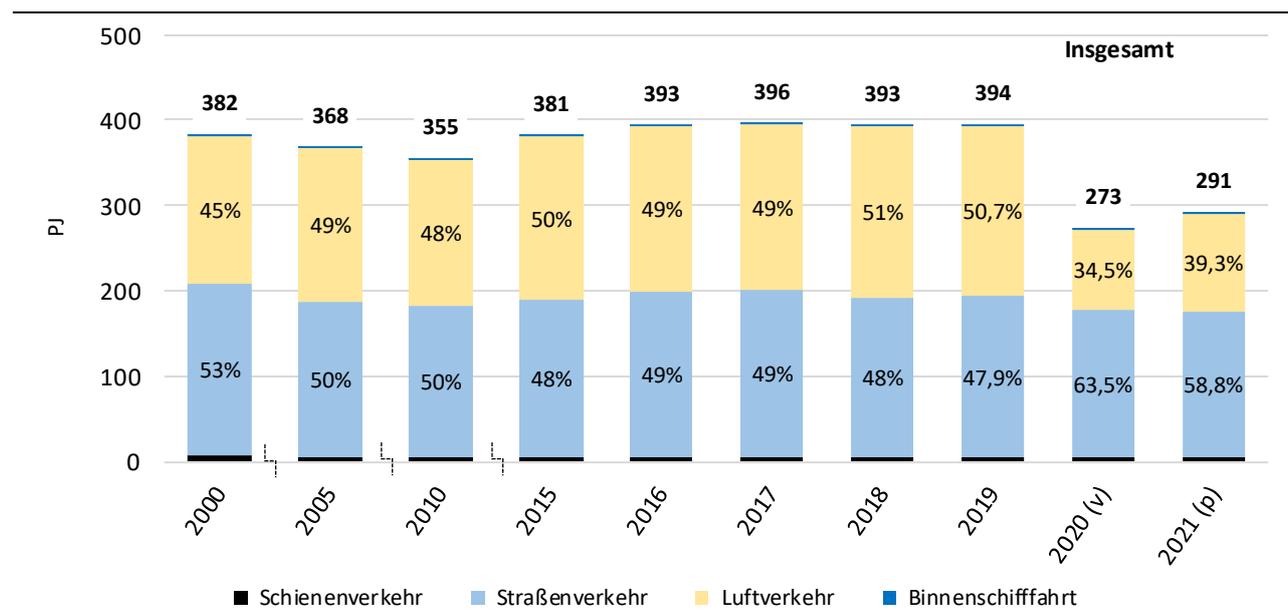
<sup>20</sup> Statistisch erfasster Energieverbrauch für die unmittelbare Erstellung von Transportleistungen aller Verkehrsträger (Schienenverkehr, Straßenverkehr, Luftverkehr, Schifffahrt) ohne mittelbaren Energieverbrauch z. B. für Heizung und Beleuchtung sowie ohne Kraftstoffverbrauch in der Landwirtschaft.

<sup>21</sup> Davon abweichend erfolgt die Erstellung der Emissionsbilanz nach dem sogenannten Territorialprinzip. Hier werden die Verkehrsleistungen über dem Territorium eines Landes, auch bei grenzüberschreitenden Flügen, nur bis zur Landesgrenze berücksichtigt (Umweltbundesamt 2001, S. 18).

Fast 60 Prozent (58,8 %) des gesamten Energieverbrauchs des Verkehrssektors entfielen 2021 auf den Straßenverkehr, nur 40 Prozent auf den Luftverkehr (39,3 %). Die Anteile des Schienenverkehrs und der Binnenschifffahrt fallen demgegenüber mit 1,6 Prozent bzw. 0,2 Prozent sehr gering aus.

In längerfristiger Betrachtung hat der Endenergieverbrauch des Verkehrssektors von 2011 bis 2016 kontinuierlich zugenommen und bewegte sich 2016 bis 2019 in etwa um das Niveau von 395 PJ. Im Jahr 2020 war er durch die Auswirkungen der Corona-Pandemie massiv eingebrochen.

**Abbildung 50: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Verkehrsträgern 2000-2021**  
(in PJ, Anteilswerte in %)

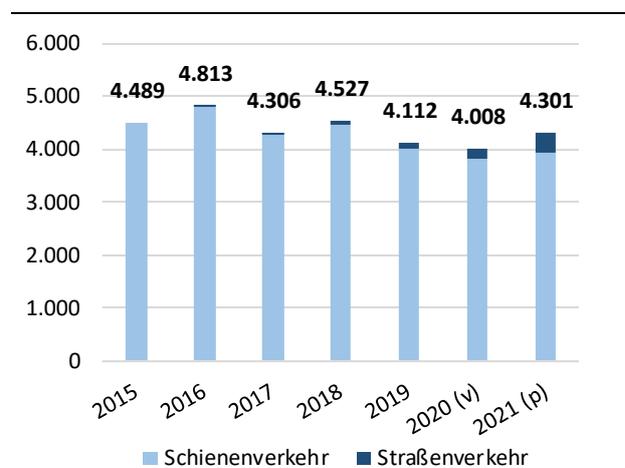


Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

Im Jahr 2021 wurden insgesamt 4,3 PJ Strom für Mobilitätszwecke verbraucht, was einer Steigerung von 0,3 PJ bzw. 7,3 Prozent gegenüber dem Vorjahr entspricht (siehe Abbildung 51). Dabei wurden im Schienenverkehr 3,9 PJ Strom verbraucht, 0,1 PJ bzw. 3,0 Prozent mehr als im Vorjahr. Im Straßenverkehr stieg der Stromverbrauch von 185 auf 364 Terajoule (TJ) und hat sich damit binnen Jahresfrist fast verdoppelt (+96,7 %). Trotz dieser hohen Dynamik des Stromverbrauchs im Straßenverkehr spielt Strom mit einem Anteil von 1,5 Prozent am Gesamtenergieverbrauch im Verkehrssektor jedoch nach wie vor eine geringe Rolle (siehe Abbildung 52).

In Abbildung 52 ist die Entwicklung des EEV im Verkehrssektor differenziert nach allen Energieträgern dargestellt. Die in Hessen hohe Bedeutung des Luft- und Straßenverkehrs spiegelt sich hier wider. So ist der Mineralölverbrauch 2021 um insgesamt 19,7 PJ bzw. 7,7 Prozent angestiegen, womit 95 Prozent des gesamten EEV des Verkehrssektors auf Mineralölprodukte entfielen.

**Abbildung 51: Stromverbrauch für Mobilität von 2015 bis 2021** (Angaben in Terajoule)

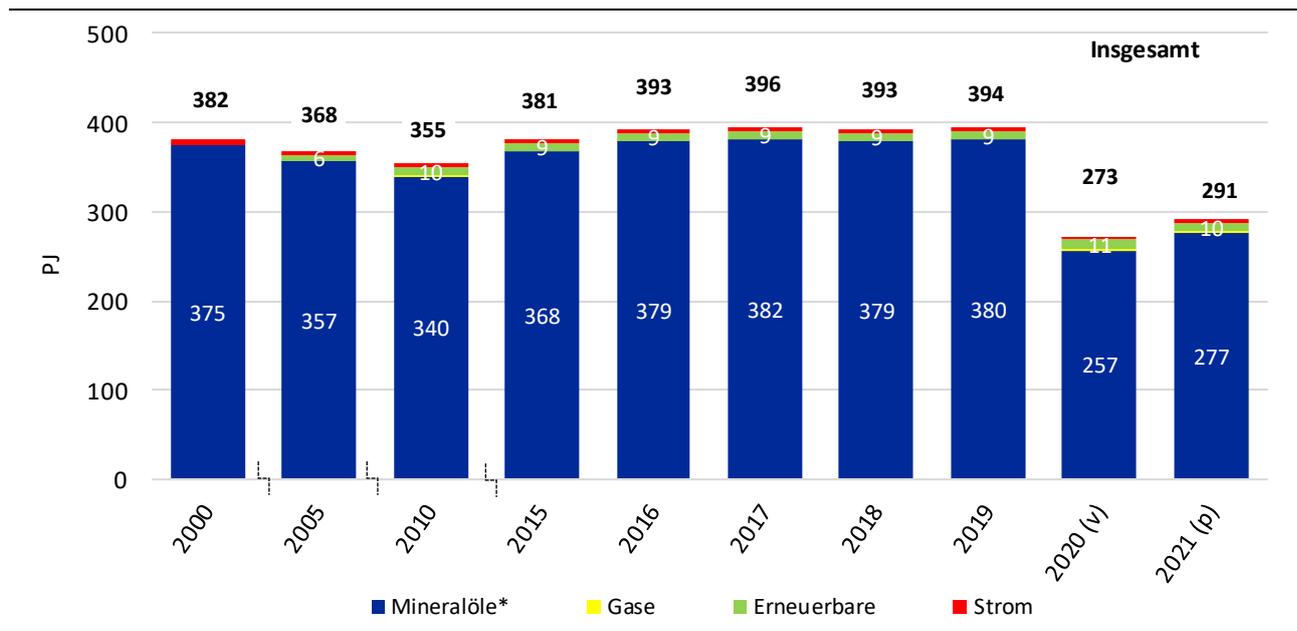


Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

Ebenfalls leicht gestiegen ist im Jahr 2021 der Verbrauch von Gasen (+0,1 PJ bzw. +22,3 %), wohingegen infolge von Änderungen bei den Beimischungen von Biodiesel 1,5 PJ Biokraftstoffe (-13,5 %) weniger verbraucht wurden (siehe dazu auch die Erläuterungen in Kapitel 4.2).

Auf Gase entfiel im Jahr 2021 ein Anteilswert von 0,3 Prozent, auf Biokraftstoffe ein Anteilswert von 3,3 Prozent.

**Abbildung 52: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Energieträgern 2000-2021**  
(in PJ)



\* einschl. Flüssiggas

Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

### Spezifischer Endenergieverbrauch im Straßenverkehr

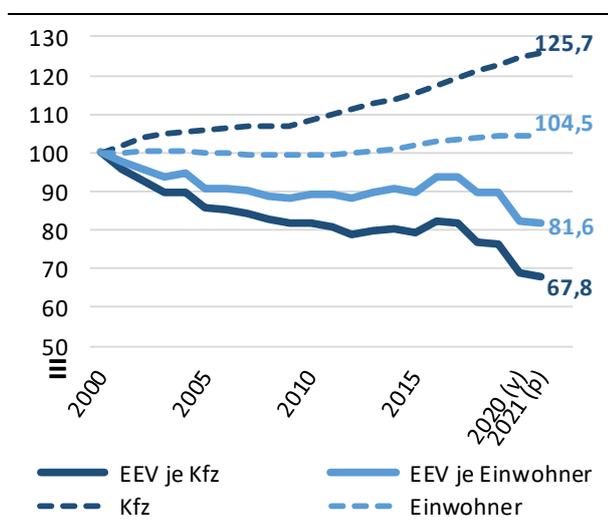
In Abbildung 53 werden die Entwicklungen der Anzahl der Kraftfahrzeuge, der Einwohner sowie die spezifischen EEV des Straßenverkehrs, bezogen zum einen auf die Einwohnerzahl und zum anderen auf den Kraftfahrzeugbestand, aufgezeigt.<sup>22</sup> Um dies direkt miteinander vergleichbar zu machen, werden die Zeitreihen als Indexentwicklungen mit dem Basisjahr 2000 = 100 dargestellt.

Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass die Einwohnerzahl seit 2000 um 4,5 Prozent gestiegen ist und sich die Zahl der Kraftfahrzeuge im gleichen Zeitraum sogar um 25,7 Prozent erhöht hat.

Zunächst hat sich ein Rückgang des Pro-Kopf-Verbrauchs und des Kfz-spezifischen Verbrauchs bis zum Jahr 2005 vollzogen. Danach bewegen sich beide Indikatoren seitwärts, wobei es z. B. durch Änderungen bei den Treibstoffkosten zu temporären Schwankungen gekommen ist. So dürften sich z. B. die niedrigen Benzin- und Dieselpreise sowie die konjunkturbedingte hohe Nachfrage im Straßengüterverkehrsgewerbe insbesondere im Jahr 2016 in Verbrauchserhöhungen niedergeschlagen haben.

<sup>22</sup> Auf der Bundesländerebene liegen keine aktuellen Angaben für den Personentransport – z. B. als zurückgelegte Personenkilometer – und für den Gütertransport – z. B. als Beförderungsmengen – vor. Deshalb wird für die Darstellung des spezifischen Energieverbrauchs ersatzweise auf die Anzahl der Kraftfahrzeuge (Personenkraftwagen, Krafträder, Kraftomnibusse, Lastkraftwagen, Zugmaschinen und sonstige Kraftfahrzeuge) und die Einwohnerzahl zurückgegriffen, wodurch die Aussagekraft allerdings eingeschränkt ist. Insbesondere können die Zulassungszahlen durch Firmenflotten und Autovermietungen überzeichnet sein.

**Abbildung 53: Spezifischer Endenergieverbrauch im Verkehrssektor, Anzahl der Kraftfahrzeuge und der Einwohner (Index 2000 = 100)**



Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

2018 setzte eine weitere rückläufige Entwicklung ein, die sich im Jahr 2020 infolge der Corona-Pandemie rasant beschleunigte und sich auch im Jahr 2021 weiter leicht fortsetzte. So sank der Pro-Kopf-Energieverbrauch des Straßenverkehrs von 33,2 Gigajoule (GJ) im Jahr 2000 auf 27,3 GJ im Jahr 2021, was einem Rückgang von 18,4 Prozent entspricht. Der Kfz-spezifische Energieverbrauch war mit einem Rückgang von knapp 55,7 GJ im Jahr 2000 auf 37,7 GJ sogar noch stärker rückläufig (-32,2 %).

Die abgesehen von der Corona-Pandemie seit 2005 insgesamt nur leicht rückläufigen spezifischen Kraftstoffverbräuche je Fahrzeug bzw. pro Kopf könnten darauf zurückzuführen sein, dass durch neue Motortechnologien erzielte Effizienzgewinne durch größere und damit schwerere Fahrzeuge mit einem durchschnittlich höheren Verbrauch überkompensiert wurden. Effekte dieser Art werden in der Literatur als Rebound-Effekte bezeichnet (siehe dazu den folgenden Kasten).

### Rebound-Effekte

Wenn energie- und ressourceneffizientere Produkte und Dienstleistungen mit sinkenden Preisen einhergehen, kann dies zu einer steigenden Nachfrage bzw. Nutzung dieses oder anderer Produkte und Dienstleistungen führen. Dadurch werden wiederum die Einsparungen an Energie und Ressourcen, die durch die höhere Effizienz erzielt werden könnten, teilweise oder vollständig kompensiert. Der Spezialfall eines Rebound-Effektes von über 100 Prozent wird als Backfire bezeichnet. Rebound-Effekte führen somit dazu, dass sich Effizienzsteigerungen in der Praxis nicht in entsprechenden technisch möglichen Einsparungen niederschlagen (Umweltbundesamt 2016).

Es können direkte, indirekte und gesamtwirtschaftliche Rebound-Effekte unterschieden werden:

**Direkte Rebound-Effekte:** Nach einer Effizienzsteigerung wird das effizientere Produkt bzw. die effizientere Dienstleistung mehr genutzt. Beispielsweise kann die Entwicklung eines effizienteren Automotors zur Nachfrage nach größeren Fahrzeugen führen oder das effizientere Auto wird mehr als das vorherige genutzt.

**Indirekte Rebound-Effekte:** Wenn Effizienzverbesserungen zu Preis- bzw. Kostensenkungen führen, kann dies eine erhöhte Nachfrage nach anderen Produkten oder Dienstleistungen zur Folge haben. Die durch ein effizienteres Auto eingesparten Kraftstoffkosten werden z. B. für eine Reise mit dem Flugzeug genutzt.

**Gesamtwirtschaftliche Rebound-Effekte:** Durch Effizienzsteigerungen infolge von neuen Technologien verändern sich die Nachfrage-, Produktions- und Verteilungsstrukturen, wodurch wiederum eine vermehrte gesamtwirtschaftliche Nachfrage nach Ressourcen entstehen kann. So kann z. B. eine steigende Nachfrage nach effizienten Fahrzeugen zu sinkenden Kraftstoffpreisen führen, was wiederum einen gesamtwirtschaftlichen Nachfrageanstieg zur Folge haben kann.

### Fahrleistung mautpflichtiger Lkw auf hessischen Autobahnen im Jahr 2021

Für das Transitland Hessen ist auch der Straßengüterverkehr von großer Bedeutung. Da jedoch auf der Ebene von Bundesländern keine amtlichen Statistiken über die Menge der transportierten Güter erhoben werden, werden im Folgenden ersatzweise die vom Bundesamt für Güterverkehr (BAG) veröffentlichten Mautdaten herangezogen.<sup>23</sup> Diese Daten liegen seit April 2017 im monatlichen Turnus für jeden für Lastkraftwagen (Lkw) mautpflichtigen Straßenabschnitt vor. Mit diesen Informationen wurde erstmals im Monitoringbericht 2019 die Belastung der hessischen Autobahnen durch den Lkw-Verkehr für das Jahr 2018 dargestellt und seither jährlich aktualisiert. Anzumerken ist, dass im Jahr 2021 die A38 nicht mehr für Hessen ausgewiesen wird. Diese sogenannte Südharzautobahn verbindet Leipzig und Göttingen und führt

nur wenige Kilometer durch Hessen. Durch den Auswertungsalgorithmus wurde diesem Teilstück eine überproportional hohe Fahrleistung zugeordnet, die überwiegend nicht in Hessen erbracht wird.

In Tabelle 19 sind für alle Autobahnen in Hessen die Fahrleistungen im Jahr 2021 zusammengestellt. Insgesamt erstreckt sich das Autobahnnetz in Hessen auf knapp 1.000 Kilometer Gesamtlänge. Dies entspricht 7,6 Prozent der gesamten Autobahnstrecken in Deutschland, die sich auf knapp 13.250 Kilometer addieren. Im Jahr 2021 wurde von mautpflichtigen Lkw in Hessen eine Fahrleistung von insgesamt gut 3,1 Mrd. Kilometer zurückgelegt. Das ist eine Zunahme gegenüber dem Vorjahr von über 200 Mio. Kilometern bzw. 6,9 Prozent.

**Tabelle 19: Fahrleistungen mautpflichtiger Lkw auf hessischen Autobahnen 2021**

Autobahn	Länge der Autobahn in km in Hessen	Fahrleistung in 1.000 km	Fahrleistung je Autobahnkilometer
A3	106	563.452	5.318.094
A4	49	161.627	3.271.803
A5	178	722.686	4.060.033
A6	11	35.266	3.162.863
A7	125	558.209	4.481.807
A44	60	207.626	3.448.935
A45	121	344.655	2.837.834
A49	46	42.857	941.911
A60	11	32.983	3.082.509
A66	127	157.639	1.243.211
A67	58	176.760	3.031.900
A480	20	22.658	1.110.706
A485	18	18.974	1.031.178
A643	3	1.929	676.747
A648	5	1.487	316.421
A659	5	3.750	757.509
A661	39	36.780	952.854
A671	11	10.366	925.510
A672	2	714	356.849
<b>Hessen insgesamt</b>	<b>995</b>	<b>3.100.417</b>	<b>3.115.683</b>
<b>Deutschland insgesamt</b>	<b>13.248</b>	<b>35.063.154</b>	<b>Ø: 2.646.705</b>
<b>Hessen in Bezug auf Deutschland</b>	<b>7,5%</b>	<b>8,8%</b>	<b>117,7%</b>

Quelle: BAG 2022, BASt 2022, Auswertung der Hessen Agentur.

<sup>23</sup> Die Mautdaten enthalten Angaben über die monatlichen Mautumsätze für jeden Lkw-mautpflichtigen Straßenabschnitt in Deutschland, differenziert nach Emissionsklasse und Achsklasse. Über eine Referenztabelle zu den Straßenabschnitten und über die jeweils gültigen Mauttarife können die durch Lkw zurückgelegten Kilometer (Fahrleistung) berechnet werden.

Die deutschlandweit auf Autobahnen insgesamt zurückgelegte Fahrleistung beziffert sich auf 35,1 Mrd. Kilometer, 2,5 Mrd. Kilometer (+7,7 %) mehr als im Vorjahr. Der Anteil der Fahrleistungen von Lkw in Hessen an Deutschland sank weiter leicht auf 8,8 Prozent, nachdem dieser 2020 bei 8,9 und 2019 noch bei 9,1 Prozent gelegen hatte.

Je Autobahnkilometer errechnen sich im Jahr 2021 für Hessen gut 3,1 Mio. und für Deutschland gut 2,6 Mio. erfasste Lkw-Bewegungen. Dies entspricht einer relativen Zunahme gegenüber dem Vorjahr von 7,5 Prozent in Hessen und 7,1 Prozent in Deutschland. Damit erhöht sich die spezifische Belastung je Autobahnkilometer leicht auf 117,7 (117,4 im Vorjahr), d. h. jeder Autobahnkilometer in Hessen wird im Schnitt um 17,7 Prozent mehr frequentiert als dies im Bundesdurchschnitt der Fall ist.

Mit insgesamt 178 Kilometern ist die Bundesautobahn A5 die längste durch Hessen verlaufende Autobahn, gefolgt von der A66 mit 127 Kilometern, der A7 mit 125 und der A45 mit 121 Kilometern. Die mit knapp 723 Mio. gefahrenen Kilometern größte Fahrleistung von mautpflichtigen Lkw wurde im Jahr 2021 auf der A5 zurückgelegt, gefolgt von der A3 mit 563 Mio. Kilometern und der A7 mit 558 Mio. Kilometern. In der letzten Spalte von Tabelle 19 wurde eine Gewichtung der Fahrleistungen mit der Länge der Autobahn vorgenommen. Dabei zeigt sich, dass die A3 im Jahr 2021 das mit Abstand höchste Lkw-Aufkommen mit gut 5,3 Mio. Lkw-Bewegungen je Autobahnkilometer hatte (Vorjahr

4,9 Mio.). Es folgen die A7 mit 4,5 Mio. (Vorjahr 4,2 Mio.) und die A5 mit 4,1 Mio. (Vorjahr 3,8 Mio.) LKW-Bewegungen je Autobahnkilometer.

Die niedrigsten Lkw-Belastungen auf Autobahnen in Hessen haben die A648 und A672 mit 316.421 bzw. 356.849 Lkw-Bewegungen je Autobahnkilometer. Beide Autobahnen haben vor allem Zubringer- und Verbindungsfunktionen. Die A672 ist mit 2 Kilometern Gesamtlänge zudem die kürzeste Autobahn Deutschlands.

Tabelle 20 zeigt die im Jahr 2021 von mautpflichtigen Lkw insgesamt auf hessischen Autobahnen zurückgelegte Fahrleistung von 3,1 Mrd. Kilometern differenziert nach Schadstoffklassen (siehe Glossar) und nach Größe der Lkw bzw. nach Anzahl der Achsen. Rund 99 Prozent aller mautpflichtigen Lkw entfallen auf schadstoffarme Lkw, die die höchsten Kategorien A (S6 mit 90 %) und B (S5 mit 7 % und EEV1 mit 2 %) umfassen. Im Vergleich zum Vorjahr ist abermals der Anteilswert der höchsten Kategorie S6 von 87 auf 90 Prozent angestiegen.

Auf große Lkw mit fünf und mehr Achsen entfallen rund 84 Prozent der gesamten in Hessen erfassten Fahrleistung. Im Vorjahresvergleich (86 %) ist dieser Anteilswert leicht gesunken. Der Anteilswert von kleinen Lkw mit zwei Achsen hat sich gegenüber dem Vorjahr von etwa 5 auf 6 Prozent erhöht. Die Anteilswerte der beiden anderen Achsklassen bleiben unverändert bei 4 bzw. 6 Prozent.

**Tabelle 20: Fahrleistungen mautpflichtiger Lkw nach Schadstoffklasse und Achsklasse 2021 (in 1.000 km)**

Kategorie	Schadstoffklasse nach StVZO	mit zwei Achsen	mit drei Achsen	mit vier Achsen	mit fünf oder mehr Achsen	Gesamt
F	S1 oder ohne Zuordnung	288	111	142	146	688
E	S2	605	278	302	235	1.420
D	S3 oder S2 kombiniert mit PMK1/2/3/4*	3.162	1.596	1.886	4.319	10.963
C	S4 oder S3 kombiniert mit PMK2/3/4*	7.624	2.938	3.217	7.331	21.110
B	S5	34.641	20.406	20.225	155.491	230.763
B	EEV1**	4.149	3.707	2.857	43.361	54.075
A	S6	149.170	107.050	145.756	2.379.422	2.781.398
	<b>Gesamt</b>	<b>199.639</b>	<b>136.087</b>	<b>174.386</b>	<b>2.590.304</b>	<b>3.100.417</b>
	Anteil	6%	4%	6%	84%	100%

\* PMK: Partikelminderungsklassen

\*\* EEV1: Enhanced Environmentally Friendly Vehicle

Quelle: BAG 2022, BASt 2022, Auswertung der Hessen Agentur.

## 8.2 Elektromobilität

Nach ersten Berechnungen des HSL wurden in Hessen im ersten Corona-Jahr 2020 12,3 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> für Verkehrsdienstleistungen freigesetzt. Das waren fast 40 Prozent des gesamten hessischen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes (siehe Abbildung 59 in Kapitel 9). Dabei ist das am Flughafen Frankfurt vertankte Kerosin zum größten Teil nicht enthalten, da bei der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung gemäß internationalen Konventionen nur die über Hessen stattfindenden Emissionen berücksichtigt werden.

Zum Erreichen der Klimaziele ist die Dekarbonisierung des Verkehrssektors aufgrund des großen Anteils an den Gesamtemissionen von entscheidender Bedeutung. Emissionsfreie, erneuerbare Energien können im Verkehrssektor sowohl direkt in Form erneuerbar erzeugten Stroms und erneuerbar erzeugter Biokraftstoffe als auch indirekt zur Herstellung synthetisch erzeugter Kraftstoffe wie Wasserstoff, synthetisches Methan oder auch synthetisches Kerosin durch Elektrolyse eingesetzt werden.

Eine deutliche Zunahme der Elektromobilität und der Aufbau der Infrastruktur zur Herstellung erneuerbar erzeugter synthetischer Kraftstoffe sind ein wichtiges Ziel der Bundesregierung und der Hessischen Landesregierung. Als Fördermaßnahmen auf Bundesebene sind z. B. Kaufprämien für Elektroautos (Umweltbonus), der Ausbau der Ladeinfrastruktur, die Kraftfahrzeugsteuerbefreiung für rein elektrische Fahrzeuge oder die Förderung von Forschung und Entwicklung in den Bereichen Antriebstechnologien, Batterien und Netzintegration zu nennen. Unterstützt wird dies durch Fördermaßnahmen der Landesregierung zur Förderung von Wasserstofftechnologien und der Elektromobilität in Hessen (siehe Kapitel 11, insbesondere die Maßnahmen 65 bis 72).

### Pkw-Bestand in Hessen nach ausgewählten Antriebsarten

In Hessen waren zu Beginn des Jahres 2022 insgesamt gut 3,81 Mio. Pkw zugelassen (siehe Tabelle 21). Dies waren 41.446 Pkw bzw. 1,1 Prozent mehr als ein Jahr zuvor. Die einzelnen Antriebsarten haben dabei sehr unterschiedlich zu diesem Zuwachs beigetragen. Während der Bestand an Diesel-Pkw bereits das vierte Jahr in Folge rückläufig war und zuletzt um fast 29.000 Pkw (-2,5 %) gesunken ist, verringerte sich nun auch zum zweiten Mal in Folge der Bestand an Benzinern um rund 24.500 (-1,0 %). Zudem setzte sich auch der rückläufige Trend gasbetriebener Fahrzeuge weiter fort (-787 bzw. -2,6 %). Dieser Abnahme in Höhe von insgesamt gut 54.000 Pkw steht eine deutliche Zunahme der Pkw mit Elektroantrieb in Höhe von fast 96.000 Fahrzeugen gegenüber. Der Bestand rein strombetriebener Pkw stieg dabei um 31.197 (+128,4 %) auf 55.497 zum Jahresbeginn 2022. Aber auch die Zahl der Hybridantriebe mit Strom erhöhte sich deutlich um 64.460 (+71,9 %) auf 154.074 Pkw.

Nach Antriebsarten differenziert dominieren jedoch nach wie vor Benzin (64 %) und Diesel (30 %) den Pkw-Bestand mit zusammen 93,7 Prozent (96,2 Prozent im Vorjahr). Die restlichen 6,3 Prozent verteilen sich zu 4,0 Prozent auf Hybridfahrzeuge (Vorjahr: 2,4 %), zu 1,5 Prozent auf rein strombetriebene Pkw (Vorjahr: 0,6 %) und zu 0,8 Prozent auf gasbetriebene Pkw (Vorjahr: auch 0,8 %).

**Tabelle 21: Personenkraftfahrzeuge in Hessen nach Antriebsarten zum Jahresbeginn 2010 und 2022 sowie im Vorjahresvergleich**

Antriebsart	2010		2022		Veränderung 2010-2022		Veränderung 2021-2022	
	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %
<b>Insgesamt</b>	<b>3.279.051</b>		<b>3.813.653</b>		<b>534.602</b>	<b>16,3%</b>	<b>41.446</b>	<b>1,1%</b>
darunter:								
Benzin	2.357.597	71,9%	2.437.630	63,9%	80.033	3,4%	-24.479	-1,0%
Diesel	888.535	27,1%	1.136.060	29,8%	247.525	27,9%	-28.929	-2,5%
Gas	30.071	0,92%	29.670	0,78%	-401	-1,3%	-787	-2,6%
<b>Elektro</b>	<b>153</b>	<b>0,005%</b>	<b>55.497</b>	<b>1,46%</b>	<b>55.344</b>	<b>x</b>	<b>31.197</b>	<b>128,4%</b>
Hybrid	2.598	0,08%	154.074	4,04%	151.476	x	64.460	71,9%

x = keine Angabe, weil Aussage nicht sinnvoll

Quelle: KBA 2022, Angaben jeweils zum 1. Januar eines Jahres.

Ein wichtiger Grund für die starke Zunahme der Elektromobilität dürften die Kaufanreize der Bundesregierung für Pkw mit Elektroantrieb sein, wodurch der Absatz von Elektrofahrzeugen eine hohe Dynamik entwickelt hat.<sup>24</sup> Bis zum 1. Mai 2022 wurden beim BAFA bundesweit 686.909 Anträge für den Umweltbonus beim Kauf eines reinen Batterieelektrofahrzeugs, 533.626 Anträge für Plug-in-Hybride und 269 Anträge für Brennstoffzellenfahrzeuge eingereicht, dies sind insgesamt über 1,2 Mio. Förderanträge (BAFA 2022b).

Auf Hessen entfallen 104.606 bzw. 8,6 Prozent der Anträge, davon wiederum 53.418 Anträge für reine Batterieelektrofahrzeuge, 51.173 für Plug-in-Hybride und 15 Anträge für Brennstoffzellenfahrzeuge (siehe Tabelle 22). Im Vorjahresvergleich haben sich die aus Hessen stammenden Antragszahlen sowohl für reine Batteriefahrzeuge als auch für Plug-in-Hybride jeweils gut verdoppelt. Mit 15 Anträgen führen Brennstoffzellenfahrzeuge hingegen nach wie vor ein Nischendasein.

**Tabelle 22: Anträge auf Umweltbonus beim BAFA aus Hessen**

Antriebsart	2019 absolut	2020	2021	2022	Veränderung 2021-2022		Anteil an Deutsch- land 2022
						in %	in %
Reine Batterieelektrofahrzeuge	5.706	9.376	26.197	53.418	27.221	103,9%	7,8%
Plug-in-Hybride	3.809	6.630	25.444	51.173	25.729	101,1%	9,6%
Brennstoffzellenfahrzeuge	2	7	13	15	2	15,4%	5,6%
<b>Insgesamt</b>	<b>9.517</b>	<b>16.013</b>	<b>51.654</b>	<b>104.606</b>	<b>52.952</b>	<b>102,5%</b>	<b>8,6%</b>

Quelle: BAFA 2022b, Angaben jeweils Stand Mai.

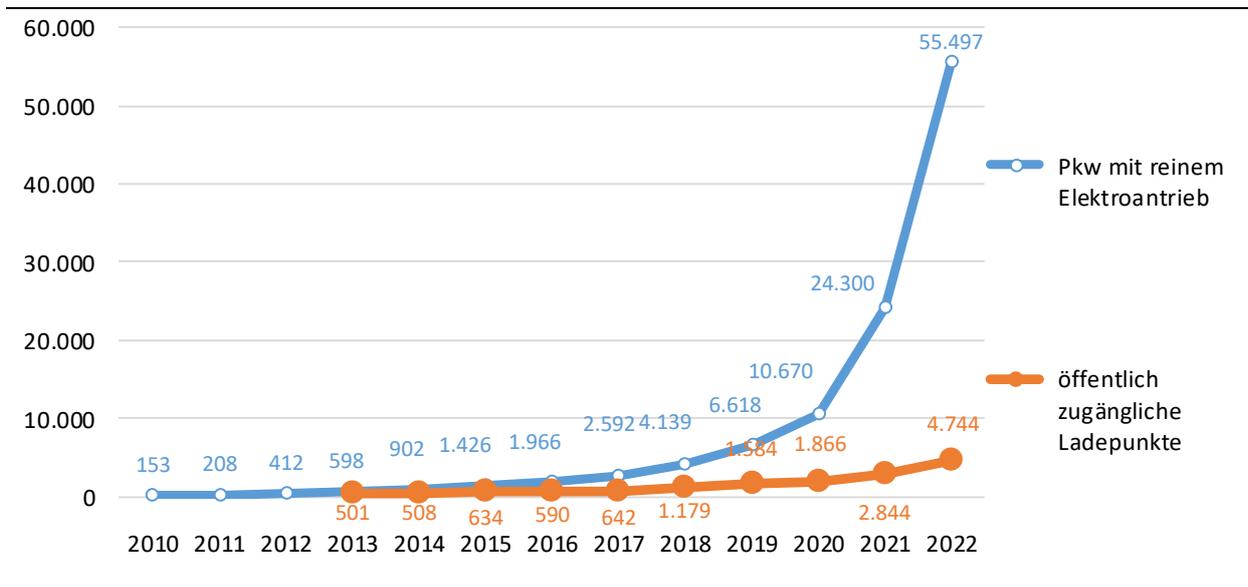
### Ladepunkte für Elektrofahrzeuge

Aus Abbildung 54 wird ebenfalls die hohe Dynamik der Zulassungszahlen von Pkw mit reinem Elektroantrieb in 2021/2022 gut ersichtlich. Aber auch die Entwicklung der Anzahl der öffentlich zugänglichen Ladepunkte für Elektrofahrzeuge, die seit 2013 dargestellt werden kann, hat sich am aktuellen Rand deutlich beschleunigt. Demnach gab es in Hessen zum Stichtag 01. Mai 2022 gemäß Bundesnetzagentur insgesamt 4.744 öffentlich zugängliche Ladepunkte für Elektrofahrzeuge.<sup>25</sup> Gegenüber dem Vorjahr bedeutet dies eine Zunahme um 1.900 Ladepunkte bzw. 67 Prozent. Rein privat zugängliche Ladepunkte sind in dieser Zahl nicht berücksichtigt.

<sup>24</sup> Am 3. Juni 2020 hat der Koalitionsausschuss der Bundesregierung eine Verdopplung des Bundesanteils an der Kaufprämie für Elektrofahrzeuge, befristet bis zum 31. Dezember 2021, beschlossen. Der Bundesanteil für Elektrofahrzeuge bis 40.000 Euro Nettolistenpreis erhöhte sich für Batteriefahrzeuge von 3.000 auf 6.000 und für Plug-in-Hybridfahrzeuge von 2.250 auf 4.500 Euro; für Elektrofahrzeuge über 40.000 Euro Nettolistenpreis erhöhte er sich von 2.500 auf 5.000 und für Plug-in-Hybridfahrzeuge von 1.875 auf 3.750 Euro. Die Anträge werden vom BAFA bearbeitet.

<sup>25</sup> 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 bestimmbar Personenkreis befahren werden kann.

**Abbildung 54: Entwicklung der Anzahl von Personenkraftwagen mit Elektroantrieb und der Ladepunkte in Hessen 2010-2022**



Quelle: KBA 2022 (Stand: 01.01.2022), BDEW 2021 und BNetzA 2022q (Stand: jeweils Anfang Mai).

### Elektromobilität regional

Vom Kraftfahrtbundesamt werden die Bestandszahlen von reinen Elektro-Pkw und von Pkw mit Hybridantrieb auch auf der regionalen Ebene von Landkreisen und kreisfreien Städten veröffentlicht. Zudem werden regionale Angaben zu öffentlich zugänglichen Ladestationen von der Bundesnetzagentur zusammengestellt. Da diese Daten jedoch auf freiwilligen Angaben der Unternehmen basieren, ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Ladepunkte tendenziell leicht untererfasst wird.<sup>26</sup> Aus diesen beiden Datenquellen lässt sich ein vergleichendes Bild zum aktuellen Stand der Versorgung mit öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in den hessischen Regionen gewinnen (siehe Tabelle 23).

Als E-Pkw waren in Hessen zum 1. Januar 2022 zusammen rund 210.000 hybride oder rein elektrische Pkw angemeldet. Der Großteil davon entfällt mit knapp 154.000 Pkw auf den Regierungsbezirk Darmstadt. Die Regierungsbezirke Gießen und Kassel weisen Bestandszahlen in Höhe von rund 26.400 bzw. rund 29.600 Pkw auf.

In Tabelle 23 ist zudem die relative Versorgung mit öffentlicher Ladeinfrastruktur dargestellt. Im Landesdurchschnitt teilen sich demnach je 1.000 E-Pkw knapp 18,9 Normallade- und 2,8 Schnellladepunkte. Mit 22,4 Normalladepunkten je 1.000 E-Pkw hat der Regierungsbezirk Kassel dabei den höchsten Wert, gefolgt von den Regierungsbezirken Darmstadt (19,2) und Gießen (12,8). Das gute Ergebnis von Nordhessen ist vor allem auf den Landkreis Kassel zurückzuführen, der einen Wert von 40,2 erreicht. Hierzu dürfte der VW-Standort in Baunatal entscheidend beitragen. Einen noch weit höheren Wert erzielt allerdings der Landkreis Groß-Gerau mit 120 Normalladestationen je 1.000 E-Pkw. Hier hat in Rüsselsheim die zum Stellantis-Konzern – das ist der nach VW zweitgrößte Automobilhersteller Europas – gehörende Opel Automobile GmbH ihr Stammwerk. Im Umfeld beider Automobilhersteller wird der Ausbau der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur offensichtlich besonders intensiv vorangetrieben.

<sup>26</sup> Nach der im März 2016 in Kraft getretenen Ladesäulenverordnung sind die Betreiber von öffentlich zugänglichen Normal- und Schnellladepunkten verpflichtet, Aufbau, Wechsel des Betreibers, Außerbetriebnahme und öffentliches Zugänglichwerden der Ladepunkte der BNetzA zu melden. 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. Die Unterschiede zu den Angaben des BDEW sind dabei gering und bewegen sich im unteren einstelligen Prozentbereich.

Mit Blick auf die Ausstattung mit Schnellladeeinrichtungen liegt der Regierungsbezirk Gießen mit 5,6 Ladepunkten je 1.000 E-Pkw vor den Regierungsbezirken Kassel (4,7) und insbesondere Darmstadt (2,0). Der Ausbau von Schnellladestationen scheint insbesondere an Autobahnraststätten zu erfolgen. Den höchsten Wert erzielt der

Landkreis Hersfeld-Rotenburg mit 10,1 Schnellladestationen je 1.000 E-Pkw. Dabei ist eine Konzentration auf den Autobahnknotenpunkt Kirchheim feststellbar, an dem die A4, A5 und A7 zusammentreffen.

**Tabelle 23: Bestand an Elektro- und Hybrid-Pkw, öffentlichen und privaten Ladesäulen in den hessischen Regionen**

	Pkw-Bestand			öffentliche Ladepunkte je 1.000 E-Pkw	
	hybrid	rein elektrisch	zusammen	normal	schnell
Darmstadt, Wissenschaftsstadt	3.585	1.259	4.844	25,0	3,5
Frankfurt am Main, Stadt	24.837	6.647	31.484	8,8	0,8
Offenbach am Main, Stadt	2.926	732	3.658	3,3	1,4
Wiesbaden, Landeshauptstadt	12.074	8.309	20.383	9,2	1,6
Bergstraße	6.210	2.266	8.476	16,4	5,5
Darmstadt-Dieburg	7.141	2.650	9.791	23,2	3,3
Groß-Gerau	5.027	1.762	6.789	129,0	3,8
Hochtaunuskreis	9.022	2.472	11.494	9,6	1,2
Main-Kinzig-Kreis	9.474	2.769	12.243	22,5	2,9
Main-Taunus-Kreis	12.473	2.123	14.596	8,0	0,5
Odenwaldkreis	2.134	665	2.799	30,0	2,5
Offenbach, Landkreis	9.057	2.409	11.466	22,0	2,3
Rheingau-Taunus-Kreis	4.274	1.798	6.072	18,3	1,3
Wetteraukreis	7.135	2.366	9.501	16,9	2,2
<b>Reg.-Bez. Darmstadt</b>	<b>115.369</b>	<b>38.227</b>	<b>153.596</b>	<b>19,2</b>	<b>2,0</b>
Gießen, Landkreis	5.163	1.978	7.141	8,5	5,2
Lahn-Dill-Kreis	4.780	1.667	6.447	9,8	5,9
Limburg-Weilburg	3.659	1.482	5.141	16,1	7,8
Marburg-Biedenkopf	3.526	1.668	5.194	12,7	2,1
Vogelsbergkreis	1.828	670	2.498	25,6	8,4
<b>Reg.-Bez. Gießen</b>	<b>18.956</b>	<b>7.465</b>	<b>26.421</b>	<b>12,8</b>	<b>5,6</b>
Kassel, documenta-Stadt	3.412	1.459	4.871	5,7	1,6
Fulda	3.860	1.752	5.612	26,4	7,3
Hersfeld-Rotenburg	1.480	700	2.180	15,1	10,1
Kassel, Landkreis	4.364	2.349	6.713	40,2	3,6
Schwalm-Eder-Kreis	3.038	1.616	4.654	17,0	4,7
Waldeck-Frankenberg	2.346	1.258	3.604	20,5	2,2
Werra-Meißner-Kreis	1.249	671	1.920	16,1	7,3
<b>Reg.-Bez. Kassel</b>	<b>19.749</b>	<b>9.805</b>	<b>29.554</b>	<b>22,4</b>	<b>4,7</b>
<b>Hessen</b>	<b>154.074</b>	<b>55.497</b>	<b>209.571</b>	<b>18,9</b>	<b>2,8</b>

Quelle: KBA 2022 (Stand: 01.01.2021), BnetzA 2022q (Stand: 01.05.2022), Zusammenstellung und Berechnungen der Hessen Agentur.

### Bauprogramm COME-Mobilität

Unter Federführung des Hessischen Ministeriums der Finanzen werden bis zum Jahr 2030 alle Dienststellen des Landes vom Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen (LBIH) bedarfsgerecht mit Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge ausgestattet. Hierzu werden jährlich bis zu 150 Ladepunkte für E-Fahrzeuge an den Dienststellen des Landes installiert, sodass bis 2030 der komplette Fuhrpark der Landesverwaltung auf klima- und umweltfreundliche Fahrzeuge umgestellt werden kann.

Bis zum ersten Quartal 2022 sind bereits 321 Ladepunkte der landeseinheitlichen Ladeinfrastruktur errichtet und in Betrieb genommen worden.



Ladesäule mit Ladepunkten vor dem historischen Amtsgericht Fritzlar

# 9

## Entwicklung der Treibhausgasemissionen



## 9 Entwicklung der Treibhausgasemissionen

Als Treibhausgase werden diejenigen Gase in der Atmosphäre zusammengefasst, die wesentlich zur globalen Klimaerwärmung beitragen. Durch die Vermeidung von Treibhausgasemissionen soll der Anstieg der Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzt werden (Pariser Klimaziel 2016).

Um dieses Ziel noch erfüllen zu können, wurden die Vorgaben, wann welche Treibhausgasreduktionen verbindlich erfüllt sein müssen, immer wieder angepasst. So hat der Bundestag am 25. Juni 2021 ein novelliertes Klimaschutzgesetz verabschiedet, wonach bis zum Jahr 2030 eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 65 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 und bis zum Jahr 2045 die Treibhausgasneutralität angestrebt werden. Zuvor lagen diese Ziele bei 55 Prozent im Jahr 2030 und die der Treibhausgasneutralität im Jahr 2050.

Auch die Hessische Landesregierung hat einen Anpassungsentwurf ihrer klimapolitischen Ziele verabschiedet, um die Klimaneutralität in Hessen spätestens im Jahr 2045 zu erreichen. Auf dem Weg dahin sollen die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2025 um mindestens 40 Prozent im Vergleich zu 1990 gemindert werden. Das Ziel für 2030 wurde zudem verschärft: Statt bisher 55 Prozent, sollen nun 65 Prozent der Treibhausgasemissionen eingespart werden. Bis zum Jahr 2040 müssen die Emissionen um mindestens 88 Prozent sinken. 2045 soll Hessen klimaneutral sein. Mit dem Gesetz will das Land Hessen seinen Beitrag zur völkerrechtlich verpflichtenden Begrenzung der globalen Durchschnittstemperatur nach dem Pariser Klimaabkommen leisten. Der Gesetzentwurf liegt dem Landtag vor, eine Beschlussfassung erfolgt wahrscheinlich noch 2022 (Hessischer Landtag 2022b).

Im Dezember 2021 wurde vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) die hessische Treibhausgasbilanz für das Bilanzjahr 2019 mit den endgültigen Werten für das Jahr 2018 und den noch vorläufigen Werten für das Jahr 2019 veröffentlicht. Darin werden die Emissionen der mengenmäßig bedeutendsten Klimagase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und erstmalig auch für die Gruppe der Fluor-Gase für Hessen über den Zeitraum von 1990 bis 2019 dargestellt.

In den Teilkapiteln 9.1 bis 9.3 werden die aktualisierten und zum Teil erweiterten Emissionswerte bis zum Jahr 2019 berücksichtigt. Für 9.4 wurden vom HSL neue, noch vorläufige Werte zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen im Jahr 2020 berechnet. In 9.5 erfolgt eine Berechnung, welche Mengen an Treibhausgasemissionen durch den Einsatz erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung, zur Bereitstellung von Wärme und für Mobilitätszwecke eingespart bzw. vermieden werden konnten.

### 9.1 Treibhausgasemissionen nach Gasen

Die im Folgenden für Hessen dargestellten Entwicklungen der Treibhausgasemissionen beruhen auf der Methodik der Quellenbilanz.<sup>27</sup> Sie ist unter den Bundesländern abgestimmt und erfolgt weitestgehend analog zur Emissionsbilanzierung auf Bundesebene. Von besonderer Bedeutung für Hessen ist, dass bei der Quellenbilanz diejenigen Emissionen nicht mit einbezogen werden, die bei

der Erzeugung von Strom in anderen Bundesländern oder im Ausland entstehen, der anschließend nach Hessen importiert wird. Hessen importierte im Jahr 2021 mehr als die Hälfte (54 %) seines Stromverbrauchs (siehe Kapitel 3.4).

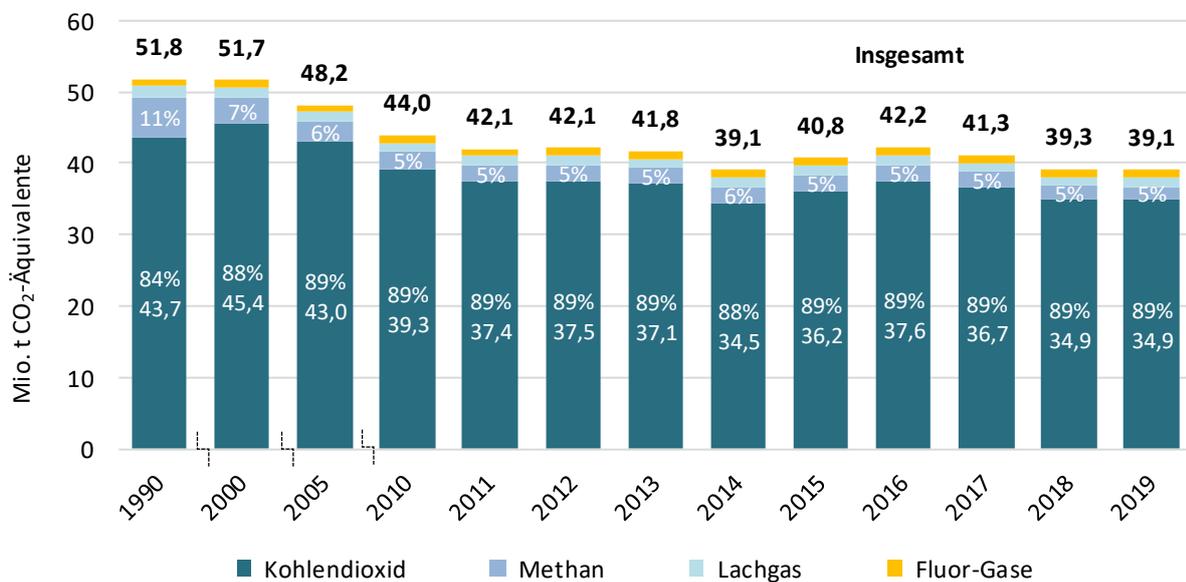
Ebenfalls zu beachten ist, dass analog zur Berichterstattung des UBA der internationale Luftverkehr bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht berücksichtigt wird. Im Verkehrssektor ist dementsprechend nur der nationale (inländische) Luftverkehr berücksichtigt.

Insgesamt wurden in Hessen im Jahr 2019 einschließlich der Fluor-Gase 39,1 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente freigesetzt (siehe Abbildung 55). Dies waren 200.000 Tonnen weniger (-0,5 %) als im Jahr 2018. Kohlendioxidemissionen prägen mit 34,9 Mio. Tonnen bzw. 89 Prozent die Emissionsstruktur, es folgen Methan 5 Prozent sowie Lachgas und Fluor-Gase mit jeweils 3 Prozent.

In der Langfristbetrachtung (1990 bis 2019) sind in absoluten Größen die CO<sub>2</sub>-Emissionen mit 8,8 Mio. Tonnen am stärksten zurückgegangen. Rückläufig waren ebenfalls Methan (-3,6 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente) und Lachgas (-0,4 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente), leicht erhöht haben sich hingegen die Emissionen von Fluor-Gasen (+100.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente). Der im Zeitverlauf auffällig niedrige Emissionswert des Jahres 2014 ist auf den Stillstand des Kraftwerks Staudinger aufgrund von Reparaturarbeiten zurückzuführen.

<sup>27</sup> Siehe dazu auch die Erläuterung zur Treibhausgasbilanz im Glossar sowie HMUKLV 2021.

**Abbildung 55: Entwicklung der Treibhausgasemissionen 1990-2019\***  
(in Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente, Zusammensetzung nach Gasen in %)



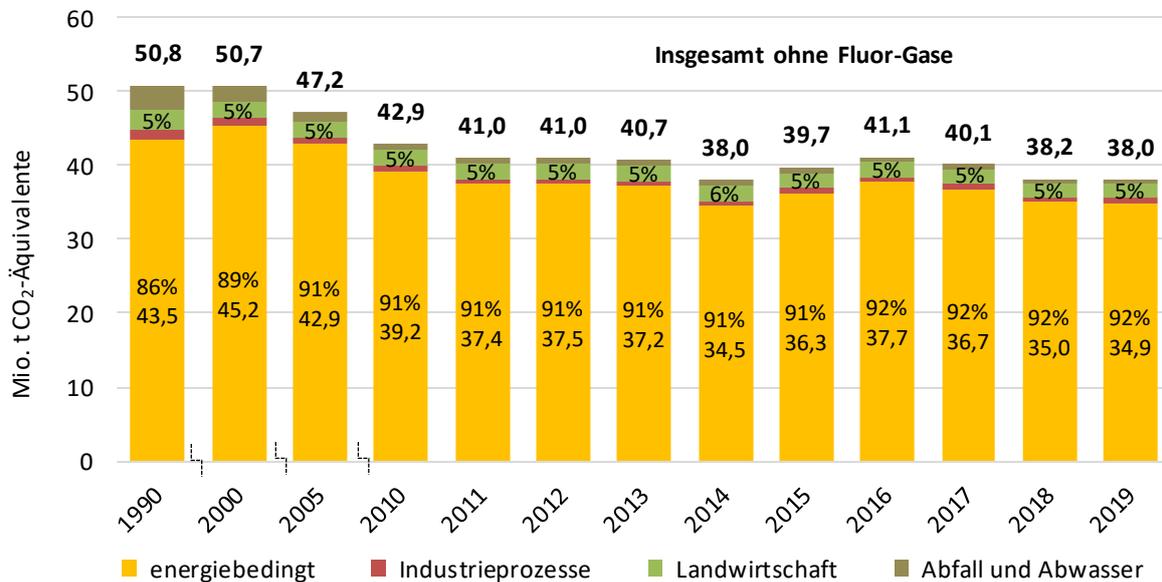
\* ohne internationalen Luftverkehr

Quelle: HSL 2022a, HMUKLV 2021, Berechnungen der Hessen Agentur; 2019 = vorläufige Werte außer Fluor-Gase.

## 9.2 Treibhausgasemissionen nach Quellgruppen

Die Entwicklung der Treibhausgasemissionen kann im Zeitverlauf differenziert nach den einzelnen Quellgruppen nur für die Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Lachgas dargestellt werden (siehe Abbildung 56). Auf diese drei Gase entfielen im Jahr 2019 zusammen 38,0 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente bzw. 97,3 Prozent der Treibhausgase insgesamt. Von diesen 38,0 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente war 34,9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (91,9 %) Prozent der THG-Emissionen energiebedingt. 1,9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente bzw. 5,1 Prozent sind in der Landwirtschaft entstanden. Auf Industrieprozesse und den Bereich Abfall und Abwasser waren weitere 1,9 bzw. 1,1 Prozent der THG-Emissionen zurückzuführen.

**Abbildung 56: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (ohne Fluor-Gase) nach Quellgruppen 1990-2019\***  
(in Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente)



\* ohne internationalen Luftverkehr

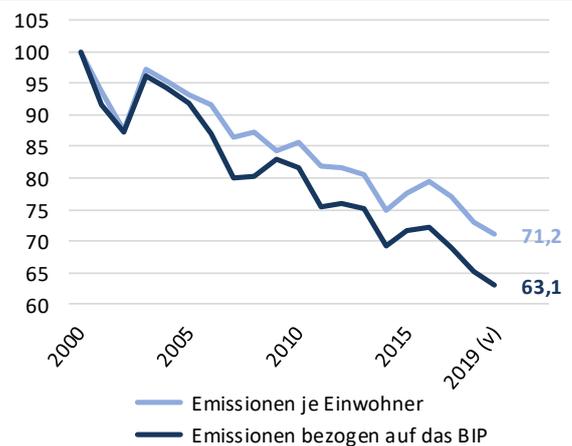
Quelle: HSL 2022a, HMUKLV 2021, Berechnungen der Hessen Agentur; 2019 = vorläufige Werte.

### 9.3 Entwicklung der Treibhausgasintensität

Die Treibhausgasintensität, sowohl gemessen als THG-Emissionen je Einwohner (hellblaue Linie) als auch als THG-Emissionen bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt (dunkelblaue Linie), war im Jahr 2019 im Vergleich zum Vorjahr weiter deutlich rückläufig (siehe Abbildung 57). So ist die Treibhausgasintensität pro Kopf um 2,6 Prozent und bezogen auf das BIP sogar um 3,5 Prozent zurückgegangen.

Langfristig ist bei steigender Wirtschaftsleistung und wachsender Bevölkerung ein ausgeprägt rückläufiger Trend der Treibhausgasintensität zu beobachten. Im Vergleich zum Jahr 2000 liegen die Indexwerte um 28,8 Prozent (Einwohner) bzw. um 36,9 Prozent (BIP) niedriger. Der starke Rückgang in den Jahren 2001 und 2002 ist darauf zurückzuführen, dass für diese beiden Jahre keine Originärdaten zu Methan- und Lachgasemissionen vorliegen.

**Abbildung 57: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (einschließl. Fluor-Gase) pro Kopf und bzgl. BIP\* (Index 2000 = 100)**



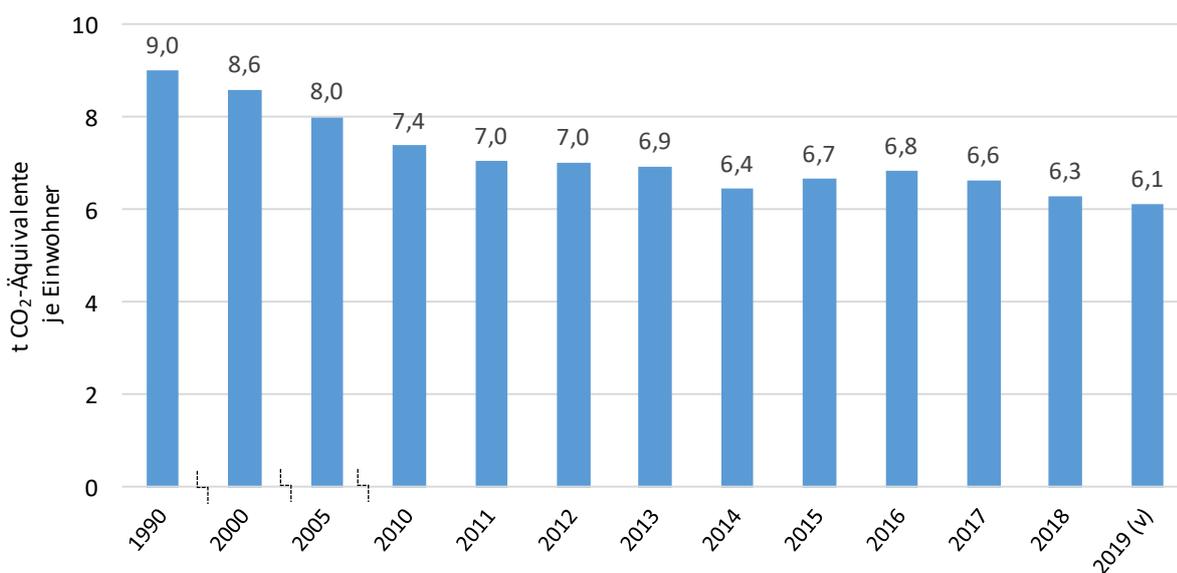
\* ohne internationalen Luftverkehr

Quelle: HSL 2022a, HMUKLV 2021, Berechnungen der Hessen Agentur; 2019 (v) = vorläufig.

Abbildung 58 zeigt die Entwicklung der Treibhausgasemissionen pro Kopf in Absolutwerten für den Zeitraum von 1990 bis 2019. Im Jahr 1990 lag der Wert für die durchschnittlichen Treibhausgasemissionen bei 9,0 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente je Einwohner. Bis zum Jahr 2014 ging dieser Wert auf 6,4 Tonnen zurück, wobei dieser niedrige Wert auf den reparaturbedingten Stillstand

im Kraftwerk Staudinger zurückzuführen ist. Danach stieg der Wert bis 2016 wieder leicht auf 6,8 Tonnen je Einwohner, um danach abermals zu sinken, auf zuletzt 6,1 Tonnen pro Kopf im Jahr 2019.

**Abbildung 58: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (einschließl. Fluor-Gase) pro Kopf 2000-2019\***  
(in t CO<sub>2</sub>-Äquivalente je Einwohner)



\* ohne internationalen Luftverkehr

Quelle: HSL 2022a, HMUKLV 2021, Berechnungen der Hessen Agentur; 2019 (v) = vorläufig.

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

Im Jahr 2020 wurden nach vorläufigen Berechnungen energiebedingt insgesamt 31,9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> emittiert, 2,5 Mio. Tonnen bzw. 7,4 Prozent weniger als im Vor-Corona-Jahr 2019. In Abbildung 59 sind die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen differenziert nach Sektoren für das Jahr 2020 dargestellt.

Auf den Verkehrssektor entfallen 12,3 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>, was einem Anteilswert von 38,4 Prozent entspricht. Gegenüber dem Vorjahr hat der CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Verkehrssektor um 1,7 Mio. Tonnen (-12,2 %) abgenommen. Dabei ist zu beachten, dass der Kerosinverbrauch für den internationalen Luftverkehr des Frankfurter Flughafens nicht berücksichtigt wird. An zweiter Stelle der Emittenten folgt der Sektor Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen mit zusammen 11,2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> bzw. einem Anteil von 35,2 Prozent der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Haushalte tragen dabei vor allem

durch die Verbrennung von Energieträgern zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen bei (siehe Kapitel 5.2).

Auf den Bereich Energieerzeugung und Energieumwandlung entfielen 2020 mit 5,6 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> ein Anteil von 17,5 Prozent der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Verantwortlich dafür ist vor allem der Einsatz fossiler Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung in Kraftwerken der öffentlichen Versorgung.

Die Industrie weist mit einem Ausstoß von 2,8 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> bzw. einem Anteil von 8,9 Prozent die geringsten Emissionen unter den genannten Sektoren auf.

Abbildung 60 zeigt die langfristige Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in den einzelnen Sektoren im Zeitraum von 1990 bis 2020 als Indexdarstellung. Trotz gestiegener Wirtschaftsleistung und gestiegenen Einwohnerzahlen ist insgesamt ein deutlich rückläufiger Trend der CO<sub>2</sub>-Emissionen erkennbar.

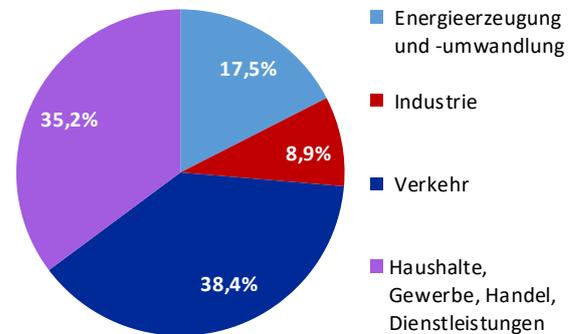
So wurden im Jahr 2020 insgesamt 10,8 Mio. Tonnen bzw. 25,2 Prozent weniger CO<sub>2</sub> ausgestoßen als im Basisjahr 1990. Dabei sind die Entwicklungen in den einzelnen Sektoren sehr unterschiedlich verlaufen.

Am relativ stärksten sind mit 53,2 Prozent die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Industrie (-3,2 Mio. t CO<sub>2</sub>) gesunken, gefolgt vom Sektor Haushalte und GHD mit einem Rückgang von 26,5 Prozent (-4,1 Mio. t CO<sub>2</sub>). Im Sektor Energieerzeugung und Energieumwandlung haben sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen langfristig um 18,8 Prozent bzw. 1,3 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> verringert. Den geringsten relativen Rückgang verzeichnete der Verkehrssektor mit 15,1 Prozent (-2,2 Mio. t CO<sub>2</sub>).

In der Industrie haben sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zur Wirtschaftskrise im Jahr 2009 in etwa halbiert und sind seitdem in etwa gleich geblieben. Auch der Verkehrssektor weist bisher die niedrigsten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Krisenjahr 2009 auf. Durch die Effekte der Corona-Pandemie konnte 2020 ein neuer Tiefststand markiert werden.

**Abbildung 59: Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren 2020\* (in %)**

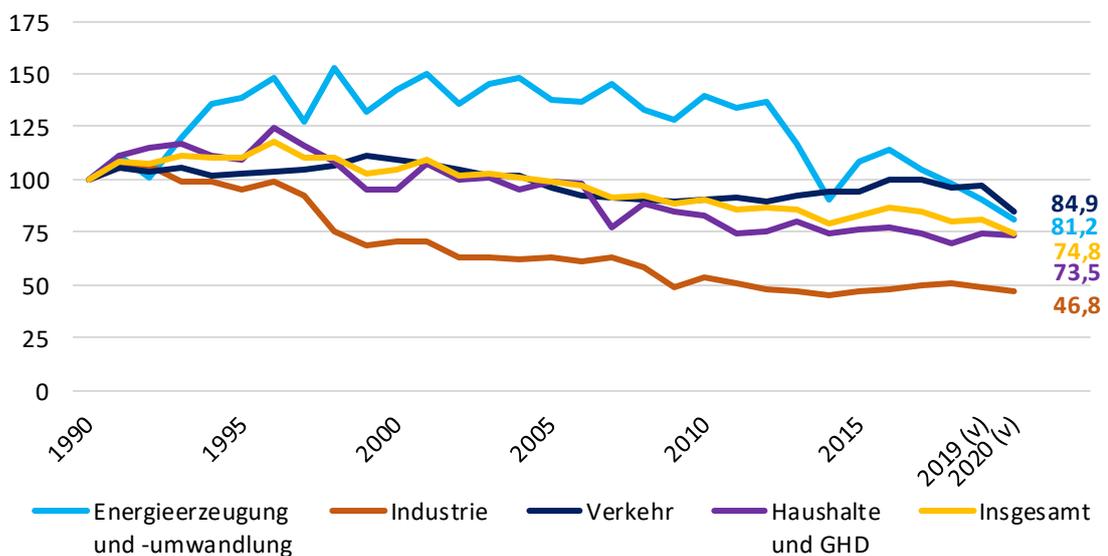
Emissionen insgesamt im Jahr 2020 (v): 31,9 Mio. t



\* ohne internationalen Luftverkehr

Quelle: HSL 2022a, Berechnungen der Hessen Agentur; (v) = vorläufig.

**Abbildung 60: Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren 1990-2020\* (Index 1990 = 100)**



\* ohne internationalen Luftverkehr

Quelle: HSL 2022a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2019 (v) und 2020 (v) = vorläufig.

Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Sektor Energieerzeugung und Energieumwandlung hat sich von 1990 bis 1996 zunächst stark erhöht und blieb danach bis zum Jahr 2012 deutlich über dem Ausgangsniveau. Der auffällig niedrige Wert im Jahr 2014 ist auf umfangreiche Reparaturmaßnahmen des mit Kohle betriebenen Blocks des Kraftwerks Staudinger und der Anstieg in den Jahren 2015 und 2016

dementsprechend auf dessen Wiederinbetriebnahme zurückzuführen. Seit 2016 zeichnet sich eine bis zuletzt im Jahr 2020 anhaltende Abwärtsbewegung ab.

Auch im Sektor Haushalte und GHD haben sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen zunächst bis zum Jahr 1996 deutlich um fast 25 Prozent gegenüber dem Ausgangsjahr 1990 erhöht.

Danach setzte ein bis zum Jahr 2011 anhaltender Abwärtstrend ein. Seit 2011 bewegt sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß dieses Sektors um ein Niveau, das rund 25 Prozent unter dem des Jahres 1990 liegt.

## 9.5 Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch erneuerbare Energien

Durch den zunehmenden Einsatz erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie beim Kraftstoffverbrauch können immer größere Mengen an konventionellen fossilen Energieträgern eingespart und somit Treibhausgasemissionen (THG) in erheblichem Umfang vermieden werden. Für Deutschland werden dazu vom Umweltbundesamt detaillierte Berechnungen durchgeführt und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz veröffentlicht (BMWK 2022).<sup>28</sup> So konnten in Deutschland im Jahr 2021 insgesamt 221,4 Mio. Tonnen an THG-Emissionen vermieden werden, 166,7 Mio. Tonnen bei der Stromerzeugung, 44,9 Mio. Tonnen bei der Wärmeerzeugung und 9,8 Mio. Tonnen beim Kraftstoffverbrauch. Gegenüber dem Vorjahr fiel die eingesparte Menge an THG auf Bundesebene um insgesamt 10,6 Mio. Tonnen bzw. 4,6 Prozent geringer aus.

Aus den Angaben zu den Mengen an eingesetzten erneuerbaren Energieträgern und den dadurch eingesparten

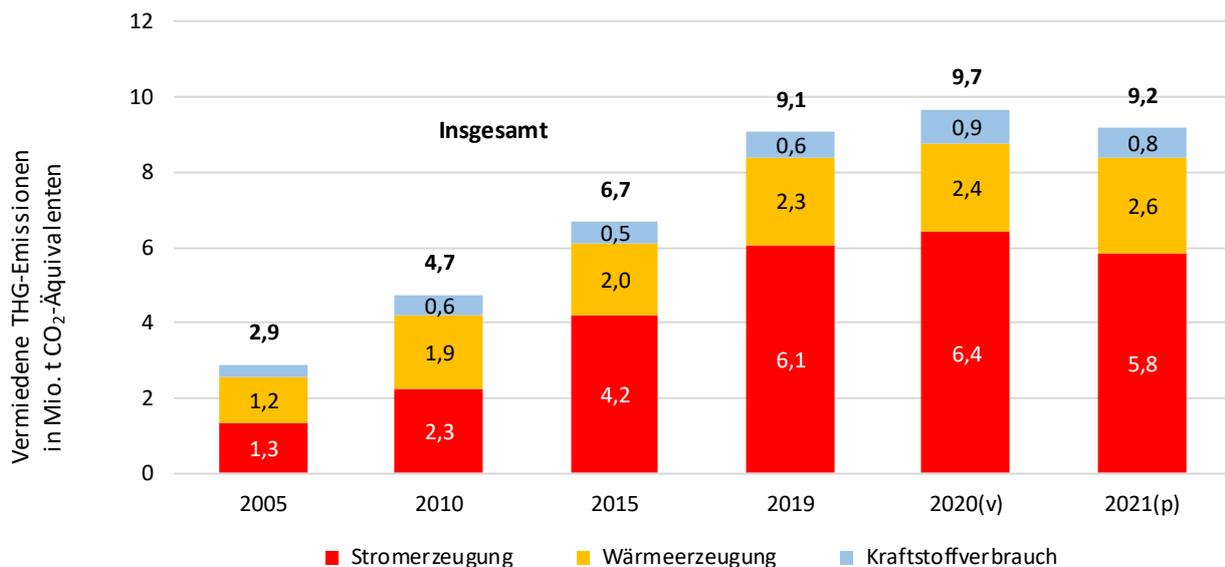
CO<sub>2</sub>-Äquivalenten lassen sich energieträgerspezifische Quoten der THG-Einsparung berechnen. Unter der Annahme, dass diese für Deutschland ermittelten spezifischen Einsparquoten auch für Hessen zutreffen, können vermiedene THG-Emissionen auch für Hessen geschätzt werden.

Für das Jahr 2021 beziffern sich demnach die in Hessen eingesparten Treibhausgasemissionen auf 9,2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (siehe Abbildung 61). Dies sind etwa 500.000 Tonnen bzw. 5,1 Prozent weniger als im Vorjahr, wobei der Rückgang vor allem auf den geringen Windertrag im ersten Halbjahr 2021 zurückzuführen ist.

Da Windenergieanlagen ausschließlich zur erneuerbaren Stromerzeugung eingesetzt werden, beziffert sich der Rückgang in diesem Segment auf 0,6 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (-8,8 %). Verhältnismäßig noch stärker gingen die Einsparungen von Treibhausgasemissionen bei erneuerbaren Kraftstoffen zurück (-13,1 %), da sich hier – wie in Kapitel 4.2 erläutert – Änderungen bei den Beimischungen von Biodiesel ergeben haben.

Demgegenüber erhöhten sich die THG-Einsparungen bei der Wärmeerzeugung 2021 um 0,2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (+8,1 %) gegenüber 2020, da witterungsbedingt mehr Brennholz für Heizzwecke eingesetzt wurde.

**Abbildung 61: Durch den Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Treibhausgasemissionen 2005-2021**  
(in Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente)



Quelle: HSL 2022a, IE-Leipzig 2022, BMWK 2022a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) = vorläufig, 2021 (p) = Prognose.

<sup>28</sup> Die vom Umweltbundesamt verwendete Methodik ist ausführlich in UBA 2021 beschrieben.

# 10

## Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende



## 10 Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende

Die Energiewende hat spürbare Auswirkungen auf elementare volkswirtschaftliche Größen wie z. B. Energiepreise, Investitionen, Beschäftigung sowie Forschung und Entwicklung. Seit 2020 werden viele dieser gesamtwirtschaftlichen Faktoren zudem durch die Corona-Pandemie beeinflusst. Massive Störungen internationaler Lieferketten, Produktionseinschränkungen und Nachfrageausfälle setzten sich im Jahr 2021 und danach weiter fort. Durch den russischen Angriffskrieg auf die Ukraine im Februar 2022 haben sich diese Entwicklungen nochmals drastisch verschärft. Speziell die Auswirkungen auf das Energieangebot und die Energienachfrage für Hessen im Jahr 2022 werden allerdings erst im nächsten Monitoringbericht gezeigt werden können.

Im Folgenden werden die aktuellen Entwicklungen von Energiepreisen und -kosten, Auszahlungen von EEG-Vergütungen, von der EEG-Umlage begünstigte Unternehmen, Investitionen in den Ausbau erneuerbarer Energieanlagen, Veränderungen bei der Beschäftigung im Energiesektor sowie in der Energieforschungsförderung betrachtet.

### 10.1 Energiekosten und Energiepreise

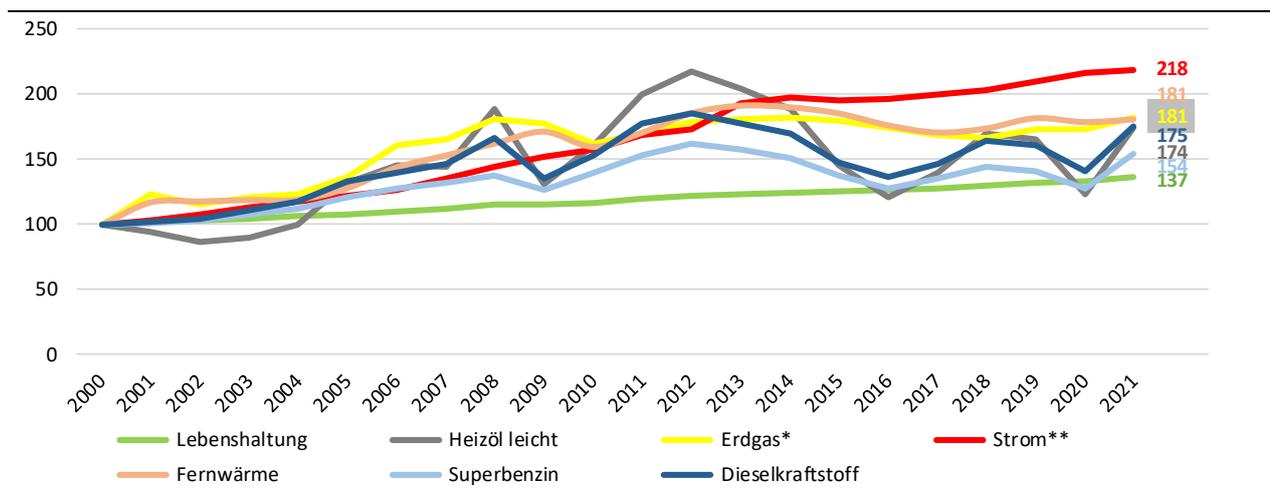
Alle Kosten, die durch den Energieverbrauch verursacht werden, sind Energiekosten. Sie werden in der Unterneh-

mensbuchführung als Aufwendungen verbucht und reduzieren als Ausgaben die den privaten Haushalten zur Verfügung stehenden Einnahmen. Sinkende Energiekosten erhöhen den Gewinn von Unternehmen und können in privaten Haushalten die Zusammensetzung der Konsumnachfrage verändern. Allerdings verringern sich bei sinkenden Energiekosten auch die Anreize zu Energieeinsparungen und zur Steigerung der Energieeffizienz. Steigende Energiekosten können zu gegenteiligen Effekten führen.

#### Energiekosten und -preise privater Haushalte

Zur Ermittlung der Kosten der Lebenshaltung werden die gesamten Aufwendungen eines Durchschnittshaushalts z. B. für Unterkunft und Verpflegung, für Bekleidung und Freizeitaktivitäten sowie für Energie herangezogen. Die allgemeinen Lebenshaltungskosten der privaten Haushalte haben sich im Jahr 2021 gegenüber dem Vorjahr deutlich um 3,1 Prozent erhöht (siehe Abbildung 62). Dies ist der höchste Anstieg im gesamten Betrachtungszeitraum seit dem Jahr 2000. Ursächlich hierfür war vor allem die Verteuerung von Mineralölprodukten. So stiegen die Preise von leichtem Heizöl um 42 Prozent, von Dieselmotortreibstoff um 24 Prozent und von Superbenzin um 21 Prozent gegenüber dem Vorjahr an.

**Abbildung 62: Entwicklung der Lebenshaltungskosten insgesamt und der Preise für Energieträger für private Haushalte in Deutschland 2000-2021 (nominal, einschließlich MwSt.; Index 2000 = 100)**



\* bei Abnahme von 19.200 kWh/Jahr

\*\* bei Abnahme von 3.900 kWh/Jahr

Quelle: BMWK 2022a.

Dazu muss man allerdings auch auf den massiven Preisrückgang im Jahr 2020 hinweisen, als coronabedingt die Nachfrage nach Mineralölprodukten im Verkehrssektor zurückging und die Preise deutlich gesunken sind, der Liter Diesel z. B. kostete teilweise weniger als 1 Euro.

Im Gegensatz zu Mineralölprodukten fiel im Jahr 2021 der Preisanstieg für Erdgas mit 4,7 Prozent sehr viel geringer aus. Die Verteuerungen von Strom (+1,3 %) und Fernwärme (+1,1 %) blieben sogar hinter dem Anstieg der allgemeinen Lebenshaltungskosten zurück.

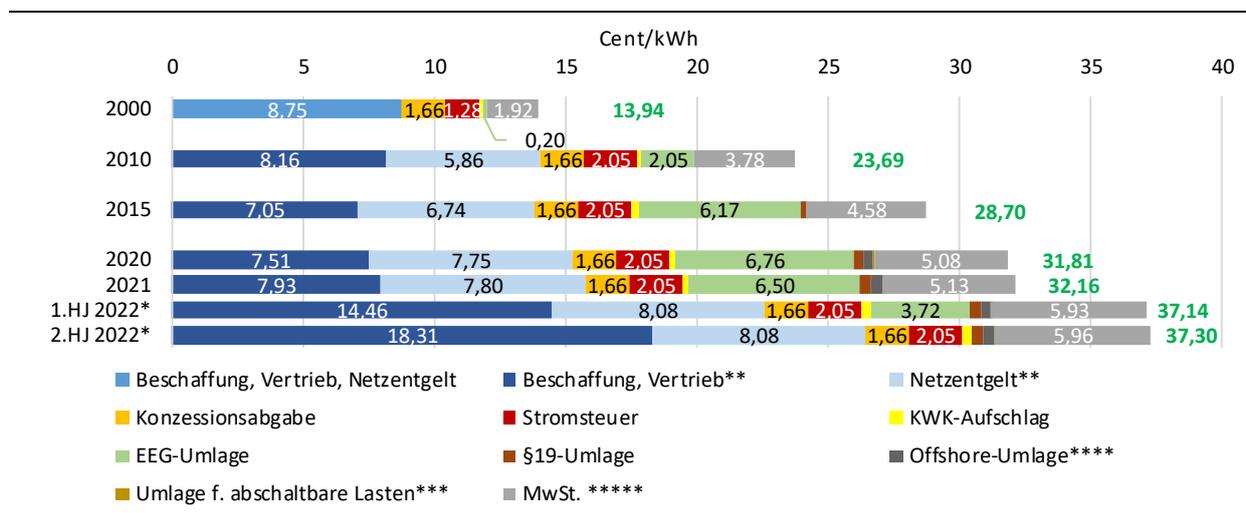
Längerfristig haben sich die allgemeinen Lebenshaltungskosten im Zeitraum von 2000 bis 2021 um insgesamt 37 Prozent erhöht. Im Vergleich dazu fielen die langfristigen Preisentwicklungen aller Energieträger deutlich höher aus. Dabei zeichnet sich die Preisentwicklung aller Mineralölprodukte durch stark schwankende Verläufe aus. Im Jahresdurchschnitt 2021 war Diesellostoff um 75 Prozent, leichtes Heizöl um 74 Prozent und Superbenzin um 54 Prozent teurer als im Jahr 2000. Die jeweils höchsten Preise mussten allerdings im Jahr 2012 bezahlt werden (leichtes Heizöl: +118 %, Diesellostoff: +85 % und Superbenzin: +62 %).

Die Preisentwicklungen von Fernwärme und Erdgas weisen einen relativ ähnlichen Verlauf mit einem langfristigen Preisanstieg von zuletzt +81 Prozent gegenüber

dem Ausgangsjahr 2000 auf. Beide Energieträger erreichten ihre bisherigen Höchstpreise in den Jahren 2013 und 2014 und verbilligten sich danach tendenziell wieder. Die stärkste Zunahme weist der Strompreis auf, der sich im Vergleich zum Ausgangsjahr 2000 mehr als verdoppelt hat (+118 %). Der Preisanstieg vollzog sich vor allem bis zum Jahr 2014 und hat sich danach abgeschwächt.

Wie aus Abbildung 63 ersichtlich wird, dürfte sich im Jahr 2022 der Strompreis weiter deutlich erhöhen. Dies ist fast ausschließlich auf den starken Anstieg von Beschaffung und Vertrieb zurückzuführen, die sich zusammen im ersten Halbjahr 2022 bereits um 6,53 Cent je kWh bzw. 82 Prozent erhöht haben. Für die zweite Jahreshälfte erwartet der BDEW einen weiteren Anstieg auf 18,31 Cent je kWh. Merkwürdig preistreibend wirken zudem der Anstieg in Höhe von 0,8 Cent (+15,6 %) der pro kWh zu zahlenden Mehrwertsteuer, steigende Netzentgelte (0,28 Cent je kWh bzw. 3,6 %) und die Erhöhung des KWK-Aufschlags (0,12 Cent je kWh bzw. 48,8 %). Leicht erhöht haben sich zudem die Offshore-Umlage (0,02 Cent je kWh bzw. 6,1 %) und die §-19-Umlage (0,01 Cent je kWh bzw. 1,2 %).<sup>29</sup> Dämpfend wirkte sich die Halbierung der EEG-Umlage im ersten Halbjahr 2022 und deren vollständige Streichung im zweiten Halbjahr 2022 aus.

**Abbildung 63: Entwicklung des Strompreises in Deutschland für Haushalte nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010, 2015 und 2019-2022\* (in Cent je kWh)**



\* Stand: 21.07.2022

\*\* Seit dem Jahr 2006 werden Netzentgelte gesondert ausgewiesen.

\*\*\* ab 2014, 2016 ausgesetzt

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

\*\*\*\*\* im 2. Halbjahr 2020 mit 19 %

Quelle: BDEW 2022b.

<sup>29</sup> Nach § 19 Stromnetzentgeltverordnung haben bestimmte Letztverbraucher die Möglichkeit, vom örtlichen Netzbetreiber niedrigere individuelle Netzentgelte zu erhalten. Die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) müssen den örtlichen Netzbetreibern die durch diese niedrigeren Entgelte entgangenen Erlöse erstatten. Die ÜNB gleichen die Zahlungen für diese entgangenen Erlöse untereinander aus und errechnen einen Aufschlag auf die Netzentgelte, der als Umlage auf alle Letztverbraucher umgelegt wird.

Bereits im ersten Halbjahr 2022 wurde die spürbare Absenkung der EEG-Umlage von 6,50 Cent auf 3,72 Cent je kWh (-43 %) deutlich überkompensiert. Ab 1. Juli 2022 wird keine EEG-Umlage mehr erhoben. Zudem hat sich die Offshore-Umlage leicht verringert von 0,42 auf 0,40 Cent je kWh. Darüber hinaus fiel die Umlage für abschaltbare Lasten von 0,009 auf 0,003 Cent je kWh, womit Vergütungszahlungen der Übertragungsnetzbetreiber an Anbieter von sogenannter Abschaltleistung ausgeglichen werden.

In der Größenordnung unverändert bleiben die Stromsteuer (2,05 Cent je kWh), die 1999 zur Entlastung der Lohnnebenkosten eingeführt wurde, und die Konzessionsabgabe (1,66 Cent je kWh), die Energieversorgungsunternehmen für die Benutzung öffentlicher Straßen und Wege zur Verlegung ihrer Stromleitungen an Gemeinden entrichten.

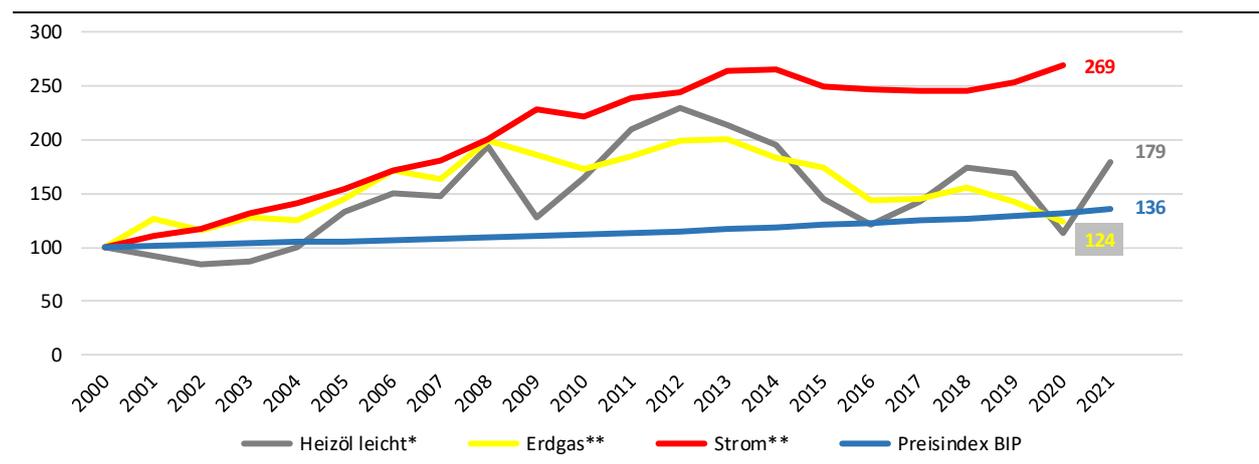
Nach Berechnungen des BDEW ergibt sich für die erste Jahreshälfte 2022 ein Strompreis für private Haushalte in Höhe von 37,14 Cent je kWh und nach erster Einschätzung dürfte der Strompreis für private Haushalte in der zweiten Jahreshälfte 2022 bei 37,30 Cent je kWh liegen. Damit zahlt ein Durchschnittshaushalt mit einem Jahresverbrauch von 3.900 kWh im Jahr 2022 insgesamt rund 1.453 Euro für Strom. Das sind etwa 200 Euro mehr als im Vorjahr. Angesichts der Turbulenzen an den Strommärkten sind diese Berechnungen allerdings mit hohen Unsicherheiten behaftet.

## Energiekosten und -preise der Industrie

Der BIP-Deflator<sup>30</sup> ist der umfangreichste Preisindikator einer Volkswirtschaft. Er wird zur Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Inflationsrate herangezogen und dient zudem als Referenzwert für die Darstellung der Preisentwicklungen von Unternehmen. Im Jahr 2021 lag das Preisniveau des BIP um 3,1 Prozent über dem Vorjahresniveau. Der Anstieg des BIP-Deflators fiel damit genauso hoch aus wie der des Preisniveaus der Lebenshaltungskosten der privaten Haushalte. Für das Jahr 2021 liegen für Industrieunternehmen bisher nur Angaben zur Preisentwicklung von leichtem Heizöl vor, das sich im Vorjahresvergleich deutlich um 57,5 Prozent verteuert hat. Damit wurde der im ersten Coronajahr 2020 zu beobachtende starke Preisrückgang für leichtes Heizöl mehr als ausgeglichen.

Im Vergleich zum Ausgangsjahr 2000 stieg der Preis für leichtes Heizöl langfristig um 79 Prozent und damit deutlich stärker als der BIP-Deflator (+36 %) (siehe Abbildung 64). In der Vergangenheit musste in einigen Jahren aber noch deutlich mehr für leichtes Heizöl bezahlt werden, der bisherige Höchststand im Jahr 2012 lag bisher um 130 Prozent über dem Ausgangsniveau des Jahres 2000.

**Abbildung 64: Preisentwicklung des Bruttoinlandsprodukts sowie der Ausgaben für Energie von Industrieunternehmen in Deutschland 2000-2021** (nominal, ohne MwSt.; Index 2000 = 100)



\* Lieferung von mindestens 500 t an den Großhandel, ab Lager \*\* Durchschnittserlöse

Quelle: BMWK 2022a.

30 Im Preisindex des Bruttoinlandsprodukts (BIP) werden Preisveränderungen aller in Deutschland produzierten Güter und Dienstleistungen berücksichtigt. Er umfasst neben den Konsumgüterpreisen der privaten Haushalte auch die Preise der Konsumgüter des Staates, der Bau- und Ausrüstungsinvestitionen der Unternehmen und des Staates sowie der Güter- und Dienstleistungsexporte. Er wird als Quotient aus nominalem und realem BIP errechnet.

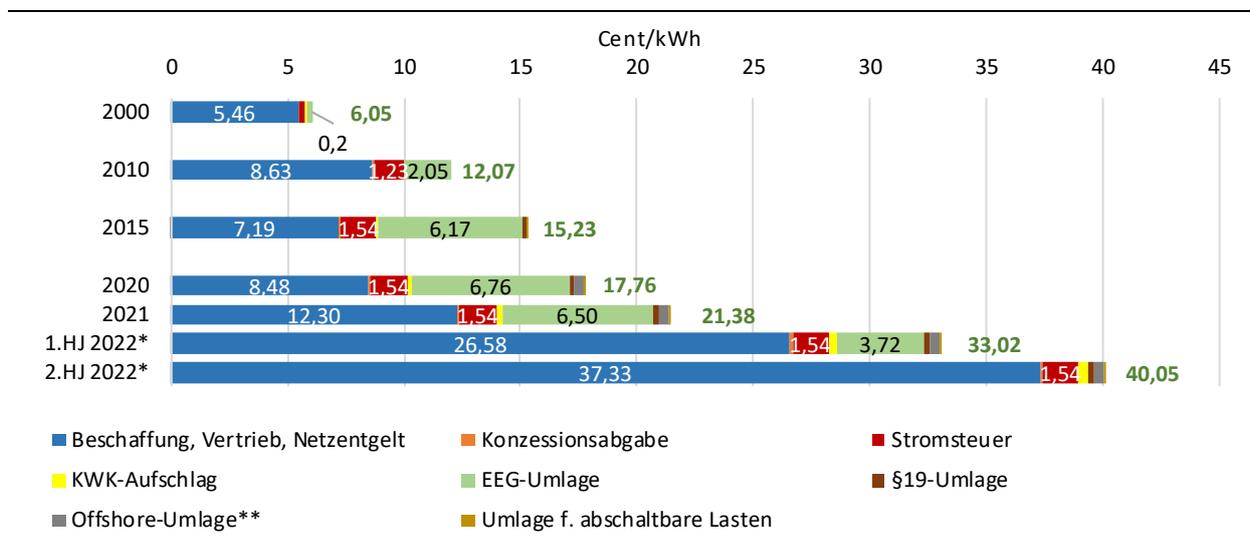
Für die Energieträger Erdgas und Strom liegen Angaben zur Preisentwicklung für Industrieunternehmen aktuell bis zum Jahr 2020 vor. Demnach hat sich der Strompreis um 6,2 Prozent gegenüber dem Vorjahresniveau erhöht, Erdgas hingegen um 12,9 Prozent verbilligt.<sup>31</sup>

Für Industriekunden mit einem Jahresstromverbrauch von bis zu 20 GWh liegen Angaben des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW) zur Entwicklung der Strompreise für das Jahr 2021 sowie eine Einschätzung für das laufende Jahr 2022 vor (siehe Abbildung 65). Im Jahr 2021 lag der Strompreis für Industrieunternehmen bei 21,38 Cent je kWh und damit 3,61 Cent bzw. 20,3 Prozent über dem des Jahres 2020. Hauptursache für diesen spürbaren Preisanstieg waren die gestiegenen Preise für Beschaffung, Vertrieb und Netzentgelte von zusammen 8,48 auf 12,30 Cent je kWh. Dies entspricht einer Verteuerung von 3,62 Cent je kWh bzw. 45,0 Prozent. Im Gegensatz dazu hat sich die EEG-Umlage von 6,76 auf 6,50 Cent je kWh bzw. 3,8 Prozent verringert.

Für das Jahr 2022 wird sogar mit einem noch deutlich höheren Preisanstieg auf 33,02 Cent je kWh im ersten Halbjahr und 40,05 Cent je kWh im zweiten Halbjahr 2022 gerechnet. Abermals ist der Preisanstieg für Beschaffung, Vertrieb und Netzentgelte auf zunächst 26,58 Cent je kWh und im zweiten Halbjahr 2022 auf 37,33 Cent je kWh maßgeblich dafür verantwortlich und entspricht mehr als einer Verdreifachung binnen Jahresfrist (+25,03 Cent je kWh bzw. +203,5 %). Hinzu kommen vergleichsweise leichte Verteuerungen des KWK-Aufschlags (+0,12 Cent je kWh bzw. +48,8 %) sowie der Offshore-Umlage (+0,02 Cent je kWh bzw. +6,1 %).

Preissenkend wirken die vorübergehende Absenkung und anschließende Abschaffung der EEG-Umlage zur Jahresmitte 2022 (-2,78 Cent je kWh bzw. -42,7 %) und die Reduzierung der Umlage für abschaltbare Lasten (-0,01 Cent je kWh bzw. -66,7 %). Alle übrigen für Industriekunden relevanten Strompreiskomponenten (Konzessionsabgabe, Stromsteuer und §-19-Umlage) bleiben 2022 voraussichtlich unverändert.

**Abbildung 65: Entwicklung des Strompreises für Industrieunternehmen mit einem Jahresverbrauch von bis zu 20 GWh in Deutschland nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010, 2015 und 2019-2022 (in Cent je kWh)**



\* Stand: 21.07.2022.

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

Quelle: BDEW 2022b.

### Von der EEG-Umlage befreite Abnahmestellen

Um Wettbewerbsnachteilen aufgrund hoher Strompreise entgegenzuwirken, können besonders stromintensiv produzierende Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes

sowie Betreiber von Schienenbahnen beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) einen Antrag auf Begrenzung der EEG-Umlage stellen. Unternehmen, die von der sogenannten „Besonderen Ausgleichsregelung“ begünstigt sind, zahlen die EEG-Umlage für

31 Zum Redaktionsschluss des Berichts lagen für das Jahr 2021 die Grenzpreise (Durchschnittserlöse) für Strom und Erdgas noch nicht vor (Quelle: BMWK 2022a).

die erste bezogene Gigawattstunde in voller Höhe und für darüber hinaus verbrauchten Strom nur noch 15 Prozent der EEG-Umlage.

In Hessen wurde im Jahr 2021, wie bereits im Vorjahr, für insgesamt 129 Abnahmestellen eine Begrenzung der EEG-Umlage mit einer privilegierten Strommenge von insgesamt 9,6 TWh beantragt. Die privilegierte Strommenge hat sich leicht um 0,2 TWh bzw. 2,5 Prozent erhöht (siehe Tabelle 24).

Im Gegensatz hierzu ist die privilegierte Strommenge im Bundesdurchschnitt leicht um 0,7 Prozent gesunken. Dadurch stieg der Anteil Hessens am gesamten privilegierten Strom in Deutschland im Jahr 2021 leicht auf 8,4 Prozent (Vorjahr: 8,2 %).

Rückblickend war in Hessen eine starke Zunahme der privilegierten Strommenge im Jahr 2014 festzustellen. Ursächlich hierfür waren Unternehmenssitzverlagerungen von Schienenbahnbetreibern.

**Tabelle 24: Besondere Ausgleichsregelung: privilegierte Strommengen nach Bundesländern 2010-2021**

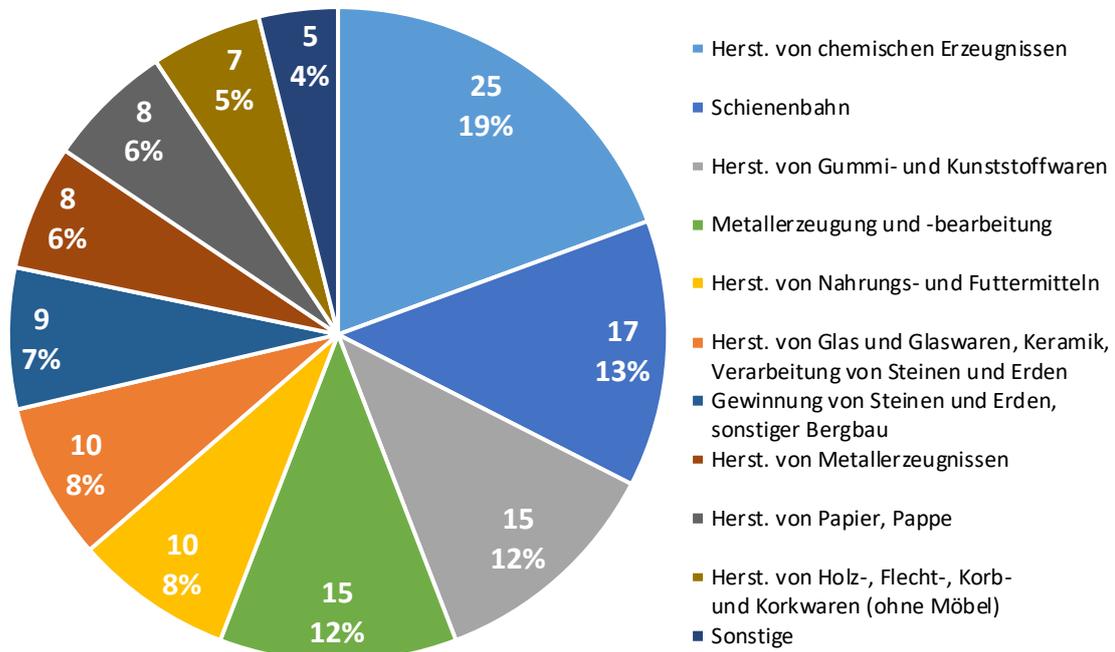
Land	2010	2012	2014	2016	2020	2021	Veränderung 2020-2021	Anteil an Deutschland	
								(in TWh)	2010
Baden-Württemberg	6,2	5,8	6,8	6,6	7,5	7,4	-0,8%	7,2%	6,5%
Bayern	9,8	10,5	13,7	14,2	14,3	15,6	9,0%	11,3%	13,6%
Berlin	0,9	0,6	1,2	1,3	1,3	1,2	-8,3%	1,0%	1,0%
Brandenburg	4,6	5	5,6	5,0	5,8	5,9	1,5%	5,3%	5,1%
Bremen	0,1	0,2	0,2	0,2	1,1	1,0	-8,5%	0,1%	0,9%
Hamburg	3,7	3,6	4,5	4,5	4,6	4,4	-3,6%	4,3%	3,9%
<b>Hessen</b>	<b>4,1</b>	<b>4,9</b>	<b>8,4</b>	<b>9,3</b>	<b>9,4</b>	<b>9,6</b>	<b>2,5%</b>	<b>4,7%</b>	<b>8,4%</b>
Mecklenburg-Vorpommern	0,5	0,6	0,9	1,0	1,1	1,1	-0,1%	0,6%	1,0%
Niedersachsen	9,6	9,7	11,8	10,9	12,3	11,8	-3,9%	11,1%	10,3%
Nordrhein-Westfalen	32,2	29	32,6	32,2	25,0	33,7	34,7%	37,2%	29,4%
Rheinland-Pfalz	3,2	3	5,9	5,5	5,6	5,5	-2,7%	3,7%	4,8%
Saarland	1,0	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	4,5%	1,2%	1,6%
Sachsen	3,2	3,5	5,1	5,0	5,2	5,1	-2,1%	3,7%	4,5%
Sachsen-Anhalt	4,4	4,7	6	5,9	6,2	6,1	-1,4%	5,1%	5,3%
Schleswig-Holstein	1,4	1,5	1,8	1,9	1,6	1,7	4,2%	1,6%	1,5%
Thüringen	1,6	1,6	2,5	2,3	2,3	2,3	-2,0%	1,8%	2,0%
Ausland	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<b>Insgesamt</b>	<b>86,6</b>	<b>85,4</b>	<b>108,2</b>	<b>107,5</b>	<b>115,2</b>	<b>114,4</b>	<b>-0,7%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Quelle: BAFA 2022d, Berechnungen der Hessen Agentur.

Differenziert nach einzelnen Industriebranchen sind in Hessen bei der Branchenzusammensetzung 2021 nur wenige Veränderungen im Vergleich zum Vorjahr festzustellen. Unverändert entfallen 25 der insgesamt 129 begünstigten Abnahmestellen auf die Chemische Industrie. Das entspricht einem Anteil von 19 Prozent (siehe Abbildung 66). Es folgen Schienenbahnen mit 17 Abnahmestellen (Vorjahr: 16), mit jeweils 15 Abnahmestellen die Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren (Vorjahr: 17) und Metallerzeugung und -bearbeitung (Vorjahr: ebenfalls 15). Weitere 10 Abnahmestellen entfallen je-

weils auf die Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (unverändert) und die Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (Vorjahr: 9). Die Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau haben mit neun Abnahmestellen eine weniger als im Vorjahr. Es verbleiben mit jeweils acht Abnahmestellen die Herstellung von Metallerzeugnissen (Vorjahr: 7) und die Herstellung von Papier und Pappe (Vorjahr: ebenfalls 8). Die Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel) bleibt unverändert mit sieben Abnahmestellen.

**Abbildung 66: Verteilung der von der EEG-Umlage befreiten Abnahmestellen in Hessen nach Branchen 2021**  
(absolut und in %)



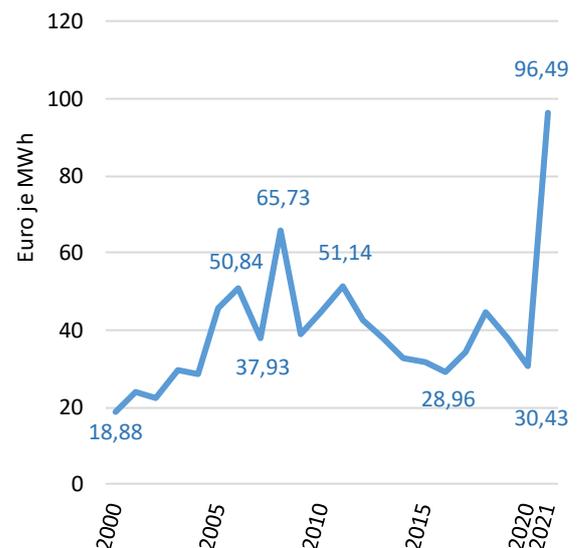
Quelle: BAFA 2022d, Berechnungen der Hessen Agentur.

### Entwicklung des Großhandelsstrompreises

Der weitaus größte Teil des Stromgroßhandels – etwa drei Viertel – findet in Deutschland direkt zwischen den großen Stromerzeugern und -abnehmern bilateral und außerbörslich statt. Entsprechend werden an den eigentlichen Strombörsen – für Deutschland sind dies die European Energy Exchange EEX in Leipzig und die European Energy Exchange EPEX SPOT in Paris – nach Einschätzung des Verbandes Deutscher Energiehändler (EFET 2020) nur rund 25 Prozent des gesamten Volumens gehandelt. Dennoch gelten die dort ermittelten Börsenstrompreise als Indikator für die allgemeinen Großhandelspreise.

Die Preisentwicklung von Großhandelsstrom kann im Zeitverlauf ab dem Jahr 2000 am Beispiel des von KWK-Anlagen erzeugten Grundlaststroms dargestellt werden. Dieser sogenannte KWK-Index ist für die Jahre von 2000 bis 2020 als Jahresdurchschnittswert abgebildet (siehe Abbildung 67). Beginnend im Jahr 2000 mit einem Preis in Höhe von 18,88 Euro pro MWh Strom zeichnet sich im Zeitverlauf zunächst eine starke Aufwärtsentwicklung bis zum Jahr 2008 auf einen Wert von 65,73 Euro je MWh ab, danach sinkt der Strompreis wieder deutlich bis zum Jahr 2016 auf 28,96 Euro je MWh.

**Abbildung 67: KWK-Index: Preisentwicklung für an der EEX für Deutschland gehandelten Grundlaststrom 2000-2021** (in Euro/MWh)



Quelle: European Energy Exchange 2022.

Steigende Energierohstoff- und CO<sub>2</sub>-Preise ließen den Großhandelspreis anschließend wieder auf 44,40 Euro je MWh im Jahresdurchschnitt 2018 ansteigen. Danach ist zunächst zwar wieder eine rückläufige Preisentwicklung für Großhandelsstrom auf 30,43 Euro je MWh im Jahresdurchschnitt 2020 erkennbar.

Dabei waren im zweiten Quartal 2020 im Schnitt nur 20,26 Euro je MWh zu zahlen, das war der niedrigste Strompreis seit dem Jahr 2000.

Seitdem stiegen die Strompreise infolge mehrerer preistreibenden Effekte. Zu nennen sind hier unter anderem steigende Energierohstoffpreise, steigende Emissionszertifikatspreise (EU-ETS) sowie der Marktaustritt von Kraftwerkskapazitäten und eine geringere Stromerzeugung aus Windkraftanlagen im Jahr 2021. Als Jahresdurchschnitt 2021 errechnet sich zwar ein Preis von 96,49 Euro je MWh, allerdings lag der Preis im vierten Quartal 2021 bereits bei 178,97 Euro je MWh. Diese rasante Entwicklung setzte sich im ersten Quartal 2022 weiter fort, in dem durchschnittlich 184,62 Euro je MWh gezahlt werden mussten.

### Internationale Energierohstoffpreise

Die Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Energien hängt maßgeblich von den Preisentwicklungen der fossilen Energieträger Rohöl, Erdgas und Steinkohle auf den internationalen Rohstoffmärkten ab. In Abbildung 68 ist die Preisentwicklung dieser drei fossilen Energieträger seit dem Jahr 2000 dargestellt. ^

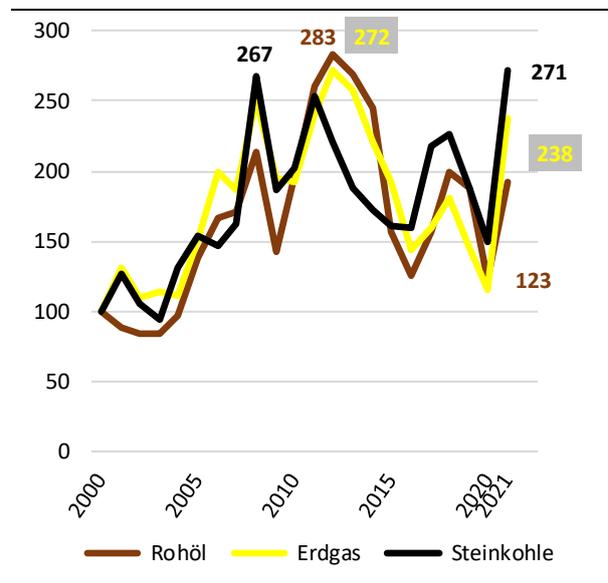
Im Jahresdurchschnitt 2000 lag der Preis je Tonne Rohöl bei 227 Euro, je Terajoule (TJ) Erdgas bei knapp 3.000 Euro und je Tonne Steinkohleeinheit bei 42 Euro. Im Jahr 2021 musste für die entsprechende Menge Rohöl 436 Euro, für Erdgas gut 7.000 Euro und für Steinkohle 114 Euro gezahlt werden. Mit einem Indexwert von zuletzt 238 lag der Preis für Erdgas im Jahresdurchschnitt 2020 damit um 138 Prozent bzw. fast das 1,5-Fache über dem Preisniveau des Basisjahres 2000. Der Preisindex für Rohöl lag um 23 Prozent und der von Steinkohle um 171 Prozent über dem Ausgangsniveau des Basisjahres 2000.

Grundsätzlich haben sich insbesondere die Preise der beiden fossilen Rohstoffe Rohöl und Erdgas über den gesamten Zeitverlauf sehr ähnlich entwickelt. Dabei zeichnet sich mit Ausnahme des Jahres 2009, dem Jahr der globalen Finanz- und Wirtschaftskrise, zunächst eine nahezu kontinuierliche Aufwärtsentwicklung bis zum Jahr 2012 ab. Damals lag der Preis für Rohöl bei 643 Euro je Tonne und für Erdgas bei fast 8.100 Euro je TJ. Danach sind die Preise bis zum Jahr 2016 zunächst deutlich gesunken, haben sich bis 2018 zwischenzeitlich abermals

erhöht und sind im Jahr 2020 wieder deutlich in etwa auf den Stand des Jahres 2016 gesunken.

### Abbildung 68: Preisentwicklung energetischer Rohstoffeinfuhren in Deutschland 2000-2021

(nominal; Index 2000 = 100)



Quelle: BAFA 2022e, destatis 2022.

Durch den rasanten Preisanstieg der fossilen Energieträger im Jahr 2021 hat sich die Konkurrenzfähigkeit der erneuerbaren Energien spürbar verbessert. Und diese Entwicklung dürfte sich in Folge der Preisentwicklung des Energieträgers Erdgas weiter fortsetzen.

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

Mit Einführung des Europäischen Emissionshandelssystems (EU ETS) im Jahr 2005 müssen Betreiber von fossilen Kraftwerken und energieintensiven Produktionsanlagen europaweit Zertifikate für den Ausstoß von Treibhausgasen kaufen. Ein Zertifikat entspricht dabei dem Ausstoß von einer Tonne CO<sub>2</sub>. Die Zertifikate wirken dabei wie ein Preisaufschlag auf fossile Energieträger. Es gilt: Je höher der Preis für ein Zertifikat, desto mehr lohnen sich für die Unternehmen der Einsatz erneuerbarer Energien und die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen.

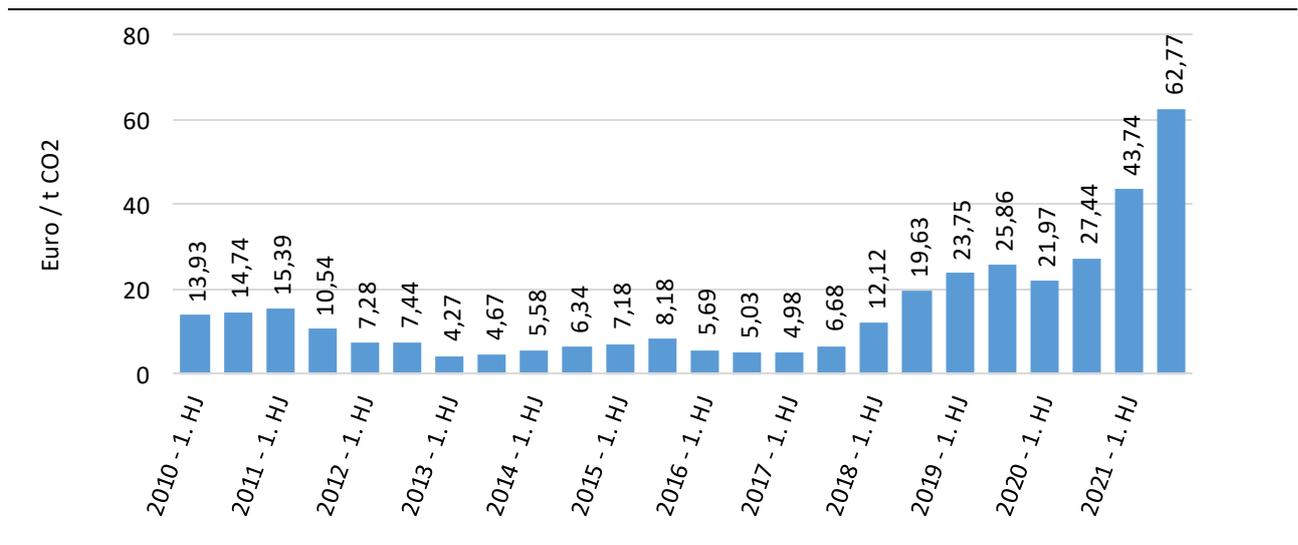
In Abbildung 69 ist die Entwicklung der Zertifikatspreise für CO<sub>2</sub>-Emissionen im EU ETS, die bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen entstehen, in Halbjahresschritten beginnend im Jahr 2010 dargestellt. Dabei wird ersichtlich, dass sich die Preisentwicklung im Laufe des Jahres 2021 deutlich beschleunigt hat. Lag der Preis je Tonne CO<sub>2</sub> im Januar 2021 noch bei 33,44 Euro, mussten

im Dezember 2021 bereits 79,91 Euro gezahlt werden. Auch diese Entwicklung wird sich absehbar weiter fortsetzen, was ebenfalls die Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Energien begünstigt.

Zu Jahresbeginn 2021 hat in Deutschland auf Grundlage des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG) der nationale Emissionshandel für die Sektoren Verkehr und

Wärme begonnen. Diese Sektoren sind bisher nicht über den europäischen Emissionshandel abgedeckt. Ab dem 1. Januar 2021 müssen Unternehmen, die Diesel und Benzin, Heizöl und Erdgas verkaufen, 25 Euro pro verursachter Tonne CO<sub>2</sub> zahlen. Bis 2025 soll dieser Betrag auf 55 Euro pro Tonne steigen.

**Abbildung 69: Halbjahresentwicklung der Preise für CO<sub>2</sub>-Emissionen 1. Halbjahr 2010 bis 2. Halbjahr 2021 nach EU ETS (in Euro je t CO<sub>2</sub>)**



Quelle: BMWK 2022a.

## 10.2 Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz

Investitionen in neue Technologien sind ein wesentlicher Faktor zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit einer Volkswirtschaft. Dabei bieten sich auch durch die Energiewende erhebliche Chancen, eine Technologieführerschaft in weltweit zukunftssträchtigen Bereichen zu erlangen.

### Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

Seit dem Jahr 2016 ermittelt das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) für das hessische Energiemonitoring die jährlichen Investitionen für die Errichtung von Anlagen zur Strom- und Wärmeenergieerzeugung aus erneuerbaren Energien in Hessen (HMWEVL 2016). Diese für Hessen ermittelten Werte sind konsistent mit den von der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat 2021) für Deutschland veröffentlichten Daten.

In Hessen wurden im Jahr 2021 Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Höhe von insgesamt 695,9 Mio. Euro getätigt (siehe Tabelle 25).

Dies war nach dem heftigen Einbruch im Jahr 2019 bereits das zweite Mal infolge wieder eine Zunahme. Dabei stieg die Gesamtinvestitionssumme um 133,2 Mrd. Euro bzw. um 23,7 Prozent gegenüber dem Vorjahr 2020. Ursächlich hierfür war vor allem ein Anstieg der Investitionen in Anlagen zur Wärmeenergieerzeugung, die um 126,1 Mio. Euro bzw. 58,7 Prozent zugenommen haben. Der Zuwachs bei Anlagen zur Stromerzeugung beziffert sich demgegenüber nur auf 7,1 Mio. Euro bzw. 2,0 Prozent.

**Tabelle 25: Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung in Hessen (nominal, in Mio. Euro)**

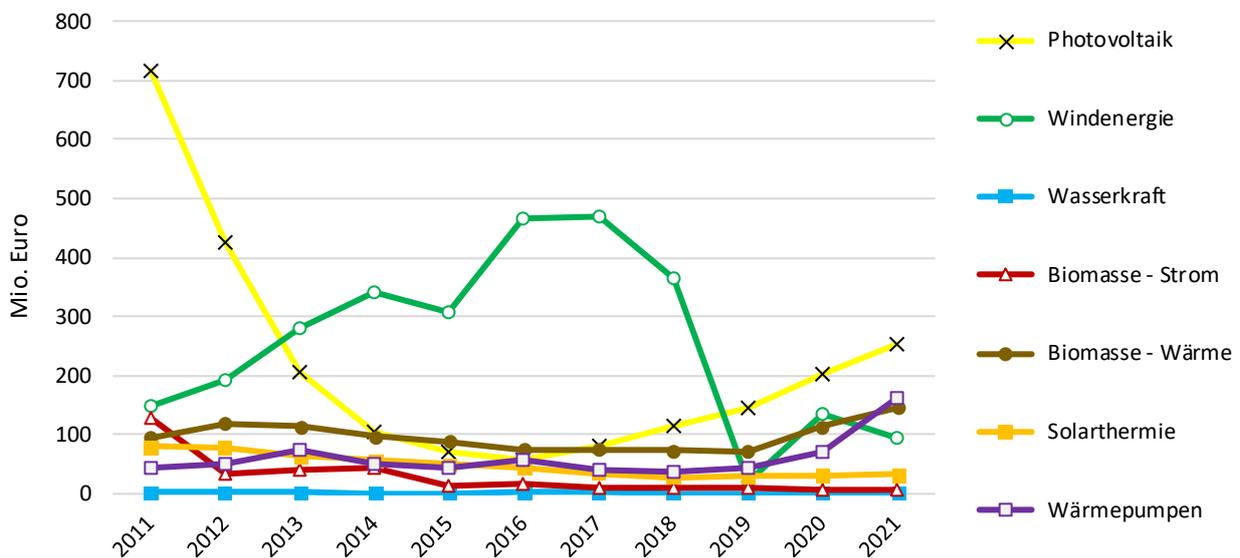
Jahr	Investitionen in Mio. Euro		
	Strom	Wärme	Gesamt
2011	996,4	219,2	1.215,6
2012	656,3	248,7	905,0
2013	529,8	250,8	780,6
2014	492,9	203,7	696,5
2015	393,7	183,4	577,1
2016	542,2	177,6	719,8
2017	560,6	149,8	710,3
2018	487,5	139,9	627,5
2019	175,3	144,0	319,3
2020	348,0	214,7	562,7
2021	355,1	340,8	695,9

Quelle: ZSW 2016, 2017, 2018a, 2019, 2020, 2021, 2022a.

Differenziert nach einzelnen Anlagearten gingen dabei positive Impulse von Wärmepumpen in Höhe von 92,4 Mio. Euro (+130,8 %), von der Photovoltaik in Höhe von 51,0 Mio. Euro (+25 %), von Biomasseanlagen zur Wärmeerzeugung in Höhe von 32,1 Mio. Euro (+28,2 %) und von Solarthermie in Höhe von 1,7 Mio. Euro (+5,4 %) aus (siehe Abbildung 70).

Windenergieanlagen, die im Jahr 2019 einen dramatischen Einbruch erfahren haben, als nur vier Anlagen mit einem Investitionsvolumen von 20,7 Mio. Euro im gesamten Jahr in Hessen errichtet wurden, konnten im Jahr 2020 mit Investitionen in Höhe von 135,7 Mio. Euro wieder deutlich zulegen. Allerdings ist im Jahr 2021 bereits wieder ein Rückgang in Höhe von 40,6 Mio. Euro (-29,9 %) festzustellen. Ebenfalls rückläufig waren Investitionen in Biomasseanlagen zur Stromerzeugung, die um 1,9 Mio. Euro bzw. 26,6 Prozent niedriger ausfielen als im Vorjahr. Für Wasserkraftanlagen zur erneuerbaren Stromerzeugung, für die im Jahr 2020 noch 1,4 Mio. Euro investiert wurden, sind im Jahr 2021 keine Investitionen zu verzeichnen.

**Abbildung 70: Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen nach Anlagearten in Hessen 2011-2021 (nominal, in Mio. Euro)**



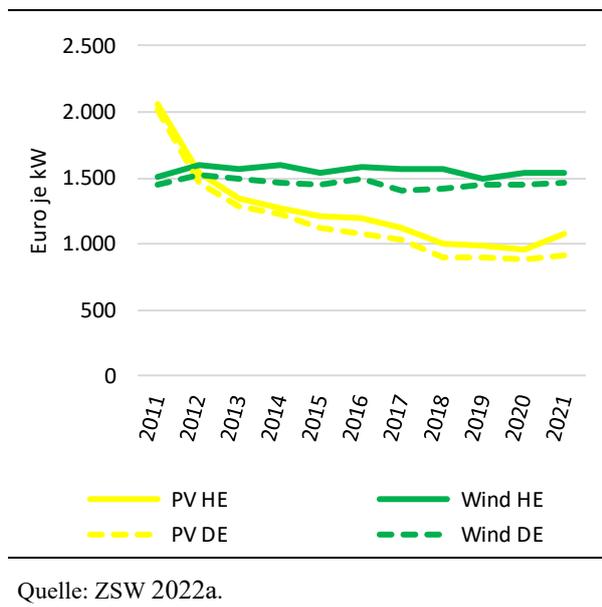
Quelle: ZSW 2016, 2017, 2018a, 2019, 2020, 2021, 2022a.

### Entwicklung der spezifischen Investitionskosten für Photovoltaik- und Windenergieanlagen

Abbildung 71 zeigt die Entwicklungen der mittleren spezifischen Investitionskosten in den Jahren 2011 bis 2021 für in Hessen und bundesweit zugebaute Photovoltaik- und Windenergieanlagen an Land. Für beide Anlagenarten entwickeln sich die mittleren Kosten für Hessen und den Bundesdurchschnitt weitgehend analog, wobei die Werte auf Bundesebene jeweils etwas geringer sind.

Dies dürfte bei Photovoltaikanlagen darin begründet liegen, dass die spezifischen Investitionskosten mit zunehmender Anlagengröße sinken und die in Hessen zugebauten Anlagen im Mittel etwas kleiner sind als die deutschlandweit zugebauten Anlagen. Bei Windenergieanlagen dürften die geografischen Gegebenheiten ausschlaggebend für die etwas höheren Investitionskosten sein.

**Abbildung 71: Entwicklung der spezifischen Investitionskosten für Photovoltaik- und Windenergieanlagen in Hessen und im Bundesdurchschnitt 2011-2021** (in Euro je kW installierter Leistung)



Während bei Photovoltaikanlagen in Hessen und Deutschland über den gesamten Zeitverlauf von 2011 bis 2020 ein kontinuierlicher Preisrückgang von anfänglich über 2.000 Euro je kW im Jahr 2011 auf 960 Euro (Hessen) bzw. 880 Euro (Deutschland) im Jahr 2020 feststellbar ist, haben sich im Jahr 2021 erstmals die Investitionskosten je kW auf 1.070 Euro in Hessen (+11,5 %) und 910 Euro in Deutschland (+3,4 %) erhöht. Ursächlich dafür dürften Lieferengpässe infolge der Corona-Pandemie gewesen sein.

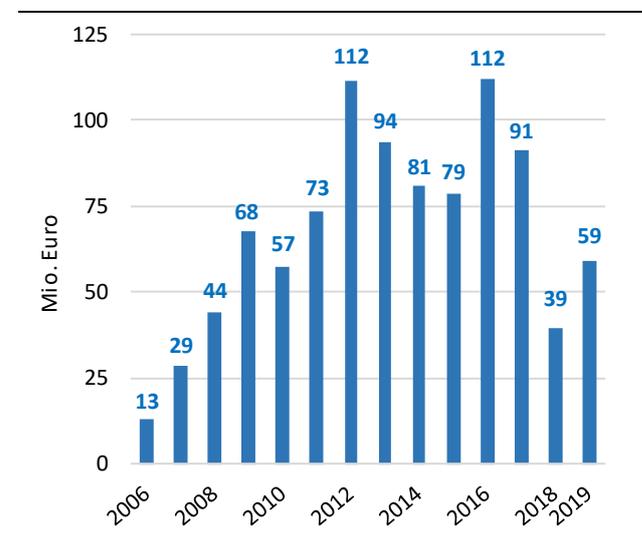
Ebenfalls leicht angestiegen sind die spezifischen Investitionskosten von Windenergieanlagen um 10 Euro auf 1.540 Euro je kW in Hessen und um 20 Euro auf 1.470 Euro je kW in Deutschland.

### Investitionen hessischer Unternehmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien

Abbildung 72 zeigt die Entwicklung der von hessischen Betrieben des Produzierenden Gewerbes (ohne Baugewerbe) zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung von erneuerbaren Energien getätigten Investitionen von 2006 bis zum aktuell vorliegenden Jahr 2019. Demnach lag die Investitionssumme im Jahr 2019 bei insgesamt 59 Mio. Euro. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich das Investitionsvolumen wieder deutlich erhöht (+49 %).

Mit 49,5 Mio. Euro entfiel der weitaus größte Teil des Investitionsvolumens auf Aktivitäten zur Steigerung der Energieeffizienz. 9,3 Mio. Euro wurden von Unternehmen des Produzierenden Gewerbes zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2019 investiert.

**Abbildung 72: Investitionen hessischer Betriebe des Produzierenden Gewerbes zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien 2006-2019** (nominal, in Mio. Euro)



## 10.3 Beschäftigung im Energiebereich

Die mit der Energiewende einhergehenden Umstrukturierungen des Energiesystems wirken sich auf den Arbeitsmarkt aus. Dabei können positiven Beschäftigungseffekten durch den Ausbau der erneuerbaren Energien

und durch Energieeffizienzmaßnahmen auch negative Substitutionseffekte gegenüberstehen. In einer eigens beauftragten Studie zur Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien wurden für Hessen im Jahr 2016 insgesamt 17.630 Beschäftigte ermittelt (HMWEVL 2018). Seither wurden keine neuen Werte zur Beschäftigungsentwicklung durch erneuerbare Energien auf Bundesländerebene veröffentlicht.

### Beschäftigungsentwicklung in der Energiewirtschaft

Im Jahr 2021 waren in Hessen 13.558 Menschen in Energieversorgungsunternehmen, die überwiegend der konventionellen Energiewirtschaft<sup>32</sup> zugeordnet werden, tätig (siehe Abbildung 73). Dies sind 292 Personen bzw. 2,2 Prozent mehr als im Jahr zuvor und damit der Höchststand im betrachteten Zeitraum von 2000 bis 2021.<sup>33</sup>

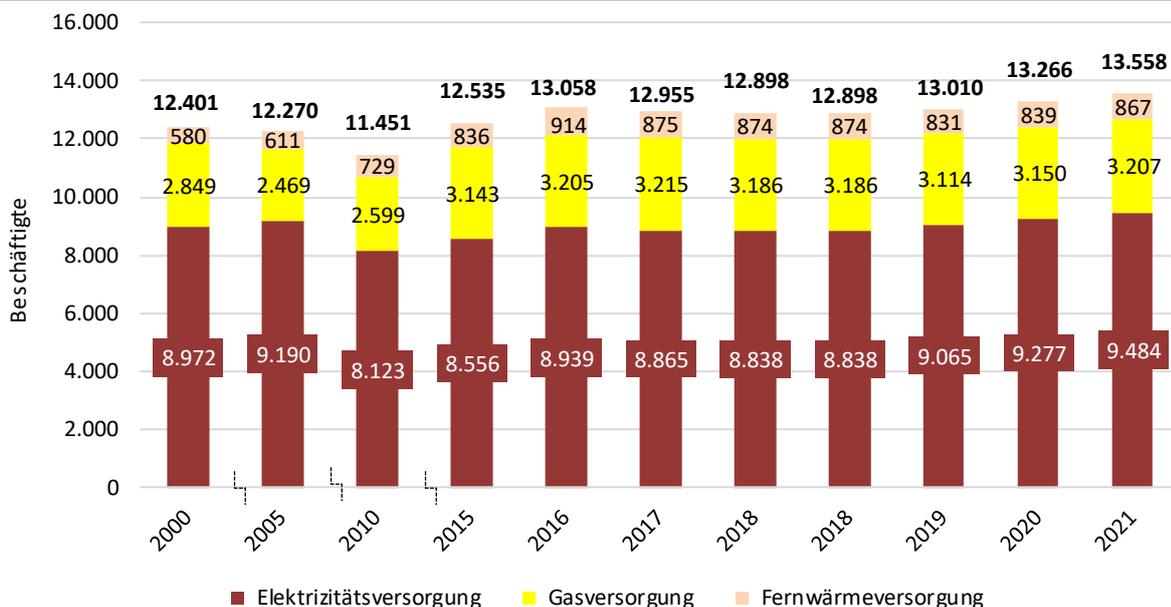
Dabei hat sich die Zahl der Beschäftigten in allen Sparten der Energiewirtschaft erhöht. Am absolut stärksten war

die Zunahme im Bereich Elektrizitätsversorgung in Höhe von 207 Beschäftigten bzw. 2,2 Prozent. Die Zuwächse in der Gasversorgung beziffern sich auf 57 Arbeitsplätze (+1,8 %) und in der Fernwärmeversorgung auf 28 Arbeitsplätze (+3,3 %).

Die Beschäftigten verteilen sich unverändert wie bereits im Vorjahr zu 70 Prozent auf die Elektrizitätsversorgung, zu 24 Prozent auf die Gasversorgung und zu 6 Prozent auf die Fernwärmeversorgung.

Langfristig hat im überwiegend konventionellen Energiebereich die Zahl der Beschäftigten tendenziell zugenommen. So gab es im Jahr 2021 insgesamt fast 1.200 Arbeitsplätze mehr (+9,3 %) als im Jahr 2000. Dabei hat die Zahl der Arbeitsplätze in der Fernwärmeversorgung um 287 bzw. 49,5 Prozent, in der Gasversorgung um 358 bzw. 12,6 Prozent und in der Elektrizitätsversorgung um 512 bzw. 5,7 Prozent zugenommen.

**Abbildung 73: Beschäftigungsentwicklung in Energieversorgungsunternehmen in Hessen 2000-2021**



Quelle: HSL 2022a; Basis sind monatliche Durchschnittswerte für Beschäftigte nach fachlichen Betriebsteilen in Betrieben mit im Allgemeinen 20 und mehr Beschäftigten.

32 Als konventionelle Energieversorgungsunternehmen werden alle Unternehmen und Betriebe bezeichnet, die Elektrizität oder Gas erzeugen, beschaffen oder ein Netz für die allgemeine Versorgung betreiben. Dabei wird nicht nach Betrieben unterschieden, die fossile oder erneuerbare Energieträger einsetzen. Deshalb werden, obwohl Kraftwerke der Unternehmen und Betriebe des Bergbaus und des Verarbeitenden Gewerbes sowie Anlagen sonstiger Marktteilnehmer, z. B. Windenergieanlagen privater Betreiber, ausdrücklich nicht dazu gehören, zum Teil auch Beschäftigte, die den erneuerbaren Energien zuzurechnen sind, miteinbezogen.

33 Zu beachten ist, dass es sich bei den Beschäftigtenzahlen um monatliche Durchschnittswerte für Beschäftigte nach fachlichen Betriebsteilen in Betrieben mit im Allgemeinen 20 und mehr Beschäftigten handelt.

## 10.4 Forschung und Entwicklung

Forschung und Entwicklung sind eine wichtige Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende. Für die Förderung der Energieforschung stellen das Land Hessen, die Bundesregierung sowie die EU umfangreiche Mittel zur Verfügung. Im Folgenden werden die Aktivitäten der Forschungsförderung des Landes Hessen sowie die Forschungsförderprogramme des Bundes und der EU dargestellt. Abschließend erfolgt ein Blick auf die Entwicklung von Patenten im Bereich erneuerbarer Energien in Hessen im Bundesländervergleich.

### Förderung der Energieforschung in Hessen

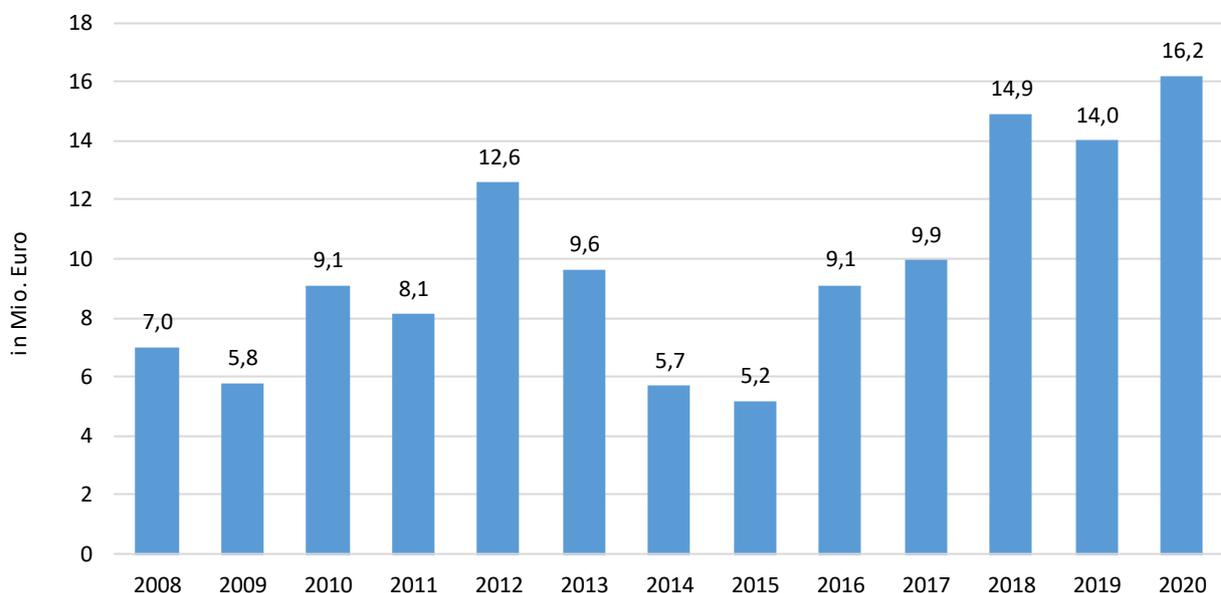
Im Jahr 2020 hat das Land Hessen im Bereich der nicht-nuklearen Energieforschung Mittel in Höhe von insgesamt 16,2 Mio. Euro aufgebracht, was eine deutliche Steigerung von 2,2 Mio. Euro bzw. 14 Prozent gegenüber dem Vorjahr bedeutet (siehe Abbildung 74).

Hessen liegt damit im Bundesländervergleich direkt hinter Hamburg (16,9 Mio. Euro) auf Position sieben. Mit großem Abstand an erster Stelle lag Niedersachsen (87,9

Mio. Euro), das seine Fördermittel im Vergleich zum Vorjahr mehr als vervierfachte. Es folgten Baden-Württemberg (78,7 Mio. Euro), Bayern (76,5 Mio. Euro), Nordrhein-Westfalen (43,8 Mio. Euro) und Sachsen (28,5 Mio. Euro). Insgesamt wurden von den Bundesländern im Jahr 2020 Mittel in Höhe 387,7 Mio. Euro für die Förderung der Energieforschung zur Verfügung gestellt, wobei 209,9 Mio. Euro auf die Projektförderung und 177,5 Mio. Euro auf die institutionelle Förderung entfielen. Gegenüber dem Vorjahr nahmen die Fördermittel insgesamt um 143 Mio. Euro (+59 %) zu (BMWK 2022e).<sup>34</sup>

Ein Schwerpunkt der Forschungsförderung in Hessen lag im Bereich Energieeffizienz in Gebäuden und Quartieren. Hierfür wurden Fördermittel in Höhe von 4,2 Mio. Euro eingesetzt und damit rund ein Drittel der Fördersumme der Bundesländer insgesamt. Über alle Bundesländer hinweg wurde dieser Themenbereich im Jahr 2020 mit 12,7 Mio. Euro gefördert. Die meisten Fördermittel in Hessen gingen mit einem Volumen von 6,7 Mio. Euro in den Bereich Elektromobilität. Ein weiteres wichtiges Forschungsfeld waren Energiespeichertechnologien, die Fördermittel in Höhe von 1,3 Mio. Euro erhielten.

Abbildung 74: Förderung der Energieforschung in Hessen 2008-2020 (nominal, in Mio. Euro)



Quelle: BMWK 2022e; für das Jahr 2014 korrigierte Zahl.

<sup>34</sup> Die Angaben umfassen ausschließlich den von den Ländern aufgebrachtten Eigenanteil. Über EU-Beteiligungsfinanzierungen aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) fließen noch zusätzliche Mittel in die Energieforschungsförderung der Länder ein.

### Bundesförderung der Energieforschung

Im Jahr 2021 hat die Bundesregierung im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms „Innovationen für die Energiewende“ Fördermittel in Höhe von insgesamt gut 1,31 Mrd. Euro für die Energieforschung zur Verfügung gestellt (BMWK 2022e). Im Vergleich zum Vorjahr wurde damit eine Erhöhung der Fördermittel um 8 Prozent realisiert. Auf die Projektförderung entfielen insgesamt 945,2 Mio. Euro (+25,9 %), auf die institutionelle Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren 314,4 Mio. Euro (-24,4 %) und auf begleitende Maßnahmen 51,4 Mio. Euro (+3,5 %).

**Tabelle 26: Anzahl der in Hessen 2021 und 2022 neu bewilligten Förderprojekte nach Fördersumme (nominal, in Euro)**

Fördersumme in Euro	2021	2022
< 100.000	24	30
100.000 bis < 200.000	34	15
200.000 bis < 500.000	72	28
500.000 bis < 1 Mio.	36	9
> 1 Mio.	45	8
<b>Insgesamt</b>	<b>211</b>	<b>90</b>

\* Stichtag: 30. Juni 2022

Quelle: Projektträger Jülich 2022.

Im Rahmen der Projektförderung wurden im Jahr 2021 6.995 laufende Projekte gefördert, 2.016 Projekte wurden neu bewilligt. Die wichtigsten Themenbereiche waren Energieerzeugung (22,0 %), Energiewende in den Verbrauchssektoren (16,2 %), Systemintegration: Netze, Speicher, Sektorenkopplung (15,4 %) sowie Systemübergreifende Forschungsthemen der Energiewende (9,4 %).

Für Hessen sind zum 31. Juli 2022 im zentralen Informationssystem des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) zur Energieforschungsförderung EnArgus (Projektträger Jülich) insgesamt 2.699 Förderprojekte aufgeführt (<https://www.enargus.de/>). Im Jahr 2021 wurden 211 Projekte neu bewilligt, im Jahr 2022 waren es bis Ende Juli 121 Projekte.

Von diesen 332 neu bewilligten Projekten hatten 61 Projekte eine Fördersumme von mehr als 1 Mio. Euro, davon neun Projekte eine Fördersumme von mehr als 5 Mio. Euro.

Ein bedeutendes hessisches Forschungsvorhaben ist das im Mai 2021 gestartete Reallabor DELTA – Darmstädter Energie-Labor für Technologien in der Anwendung (siehe Kasten).

DELTA ist eines der bundesweit aktuell zehn Reallabore der Energiewende, mit denen innovative Technologien und Verfahren im realen Umfeld und im industriellen Maßstab erprobt werden sollen. Ziel der Initiative ist es, neue Energietechnik schneller zur Marktreife zu bringen und damit den Technologietransfer zu beschleunigen.

### DELTA – Darmstädter Energie-Labor für Technologien in der Anwendung

Das Darmstädter Energie-Labor beschäftigt sich mit der urbanen Energiewende durch interagierende energieoptimierte Quartiere. Es werden Methoden zur Reduzierung des Energieverbrauchs und des Kohlendioxidausstoßes sowie zur Steigerung der Energieeffizienz und -flexibilisierung von urbanen Quartieren im Praxistest erprobt und weiterentwickelt, um erfolgreiche technische Pilotprojekte in die breite Anwendung zu bringen. Auch die wirtschaftliche Umsetzbarkeit und gesellschaftliche Akzeptanz werden überprüft. Nicht zuletzt soll DELTA die Planung der künftigen Energieversorgung in Städten vereinfachen, Kosten für Infrastruktur reduzieren und den Aufbau neuer Kapazitäten mindern. Mehrere Quartierstypen – Industrie, Gewerbe, Bildung, Wohnen – sollen mit Netzinfrastrukturen in den Bereichen Strom, Wärme, Gas, Kommunikation und Verkehr miteinander verknüpft werden. Die Netze können damit besser ausgelastet werden, sodass sektorübergreifende Synergien entstehen. Zentrale Bausteine sind die Nutzung industrieller Abwärme und die Elektrolyse von Wasserstoff im Wohngebiet. Insgesamt befinden sich 16 Teilvorhaben in der Förderung.

An DELTA sind Partner aus Industrie und Forschung, darunter auch kommunale Unternehmen, beteiligt. Das Vorhaben wird mit 40,1 Mio. Euro durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert. Die Fördersumme der einzelnen Teilvorhaben reicht von rund 70.000 Euro bis über 12 Mio. Euro. Zuwendungsempfänger sind die TU Darmstadt sowie weitere Verbundpartner.

## Geförderte Teilvorhaben von DELTA:

- Energiedaten Analyseplattform
- Energieeffiziente Raumklimakontrolle
- Energiedaten
- Energieflexible Parkhäuser
- Urbane Sharing-Modelle
- Energieoptimiertes Industriequartier: Entwicklung und Erprobung
- Energieoptimiertes Industriequartier: Umsetzung und Demonstration
- Entwicklung und Erprobung von Werkzeugen zur urbanen Energiesystemoptimierung
- Energieoptimiertes Wohnquartier: Entwicklung und Erprobung
- Energieoptimiertes Wohnquartier: Umsetzung und Demonstration
- Multisektorales Müllheizkraftwerk
- Urbane Sharing-Modelle und Energieakademie
- Wasserstoffmobilität im Nahverkehr
- Energieflexibles Fahrzeugdepot
- Sektorübergreifende Energiemaßnahmen in bestehenden Strukturen: Entwicklung und Erprobung
- Sektorübergreifende Energiemaßnahmen in bestehenden Strukturen: Umsetzung und Demonstration

Quelle und weitere Projektinformationen: Projektträger Jülich 2022, [www.delta-darmstadt.de](http://www.delta-darmstadt.de), BMWK 2022e.

Die Förderung der Forschung zu Wasserstofftechnologien hat im Zuge der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) im Jahr 2021 eine deutliche Steigerung erfahren. In den neu gestarteten Wasserstoff-Leitprojekten des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) TransHyDE (Speicher und Transport) sowie H<sub>2</sub>Giga und H<sub>2</sub>Mare (Wasserstoffherzeugung) forschen Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft praxisnah zu wichtigen Innovationsfeldern von Wasserstoff. Auch zahlreiche hessische Forschungsinstitutionen und Unternehmen sind als Projektpartner beteiligt. Hessische Beteiligte im Projekt TransHyDe sind das Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE) in Kassel, die DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. in Frankfurt, die Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG) in Offenbach, GASCADE Transport GmbH in Kassel, die Universität Kassel sowie Meter-Q Solutions GmbH in Butzbach. Im Projekt H<sub>2</sub>Giga sind u. a. Heraeus Deutschland in Hanau, die FFT Produktionssysteme GmbH in Fulda, TU Darmstadt, das Öko-Institut in Darmstadt, die De Nora Deutschland GmbH in Rodenbach, ITM Power in Hungen, SMA Technology in Niestetal, ISRA Vision in Darmstadt und Umicore in Hanau beteiligt. Hessische Partner im Projekt H<sub>2</sub>Mare sind das DECHEMA Forschungsinstitut in Frankfurt sowie die DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. in Frankfurt und die EnviroChemie GmbH in Roßdorf.

Außerhalb des 7. Energieforschungsprogramms fördert der Bund das im Jahr 2021 gestartete Projekt IPCEI Wasserstoff – Important Projects of Common European Interest (IPCEI) für Wasserstofftechnologien und -systeme. Ziel ist, mit über 8 Mrd. Euro Förderung aus Bundes- und Landesmitteln den Markthochlauf von Wasserstofftechnologien zu unterstützen. Im Rahmen eines deutschlandweiten Wasserstofftankstellennetzes werden in Hessen bis zum Jahr 2027 voraussichtlich bis zu sechs Wasserstofftankstellen für Lkw und Logistik (350 Bar) neu errichtet. Der Ausbau des Wasserstofftankstellennetzes soll durch den Bund und das Land Hessen gefördert werden.<sup>35</sup> Weitere Aktivitäten der Bundesregierung zur Innovationsförderung im Bereich Energie sind das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV), das BMDV Gesamtförderkonzept Erneuerbare Kraftstoffe und das Forschungsprogramm Strahlenschutz beim Stromnetzausbau des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (BMWK 2022e).

### Europäische Energieforschung

Die Forschungs- und Innovationsförderung der EU im Energiebereich wird für 2021 bis 2027 in dem neunten Forschungsrahmen Horizont Europa in mehreren Förderprogrammen gebündelt sowie im Cluster 5 – Klima,

35 Informationen durch den Projektträger, ergänzt um Auskünfte der Projektnehmer.

Energie und Mobilität als auch in mehreren Partnerschaften. Erstmals unter Horizont Europa werden fünf Missionen als EU-weite Forschungs- und Entwicklungsinstrumente etabliert, die ehrgeizige Ziele zur Bewältigung aktueller gesellschaftlicher Herausforderungen durch interdisziplinäre Innovationen angehen. Vier von den fünf Missionen (d.h. Anpassung an den Klimawandel; gesunde Ozeane, Meere, Küsten- und Binnengewässer; Klimaneutrale intelligente Städte; Bodengesundheit und Ernährung) beschäftigen sich direkt mit Umwelt und Klimawandel. In dem Arbeitsprogramm 2021 und 2022 findet man dann auch sämtliche Energiethemen. Ziel der EU-Förderinstrumente ist die Beschleunigung der grünen und digitalen Transformation, um Europa bis 2050 klimaneutral zu machen. Die Maßnahmen sollen zur Umsetzung des Pariser Klimaabkommens und des Europäischen Green Deals beitragen. Das Arbeitsprogramm für die Jahre 2021 und 2022 für das Cluster 5 umfasst schon Ausschreibungen im Umfang von insgesamt rund 3,1 Mrd. Euro (KoWi 2022). Im Jahr 2021 wurden 54 Projekte mit einem geplanten Fördervolumen von rund 826 Mio. Euro ausgeschrieben (BMWK 2022e).

Für das achte EU-Forschungsrahmenprogramm Horizon 2020 wurden im Programmbereich „Sichere, saubere und effiziente Energie“ in der Förderperiode 2014 bis 2020

rund 4,3 Mrd. Euro Fördermittel für insgesamt 900 Verbundvorhaben bereitgestellt. Deutschland war in 562 Projekten mit nahezu 1.300 Projektteilnehmern vertreten – davon in 122 Projekten als Koordinator. Die Summe der eingeworbenen Fördermittel betrug 557 Mio. Euro (13 % der Fördermittel insgesamt). Damit lag Deutschland europaweit an erster Stelle, gefolgt von Spanien, Frankreich, Italien und dem Vereinigten Königreich. Die Fördermittel konzentrierten sich auf das Themengebiet Erneuerbare Energien (42,1 %) und Energiesysteme (Netze und Speicher) (19,3 %). Smart-City-Projekte (7,6 %) sowie Vorhaben im Bereich Dekarbonisierung beim Einsatz fossiler Brennstoffe (6,9 %) und im Rahmen des Green Deal Call (6,8 %) waren weitere Schwerpunkte der geförderten Projekte (BMWK 2022e).

### Entwicklung von Patenten im Bereich erneuerbarer Energien

Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) wertet jährlich die Datenbank des Deutschen Patentamtes München speziell für Patentanmeldungen im Bereich erneuerbarer Energien nach Bundesländern differenziert aus (siehe Tabelle 27).

**Tabelle 27: Anzahl der Patente im Bereich erneuerbarer Energien in den Bundesländern 2011-2020**

	Anzahl der Patente im Bereich erneuerbarer Energien							Veränderung von I zu VII
	Zeitraum I	Zeitraum II	Zeitraum III	Zeitraum IV	Zeitraum V	Zeitraum VI	Zeitraum VII	
	2011-2014	2012-2015	2013-2016	2014-2017	2015-2018	2016-2019	2017-2020	
Baden-Württemberg	447	368	339	297	241	239	211	-53%
Bayern	514	405	350	338	305	303	265	-48%
Berlin	84	80	67	66	62	58	55	-35%
Brandenburg	41	30	28	24	27	31	27	-34%
Bremen	14	6	8	7	8	17	14	0%
Hamburg	127	129	140	160	202	183	153	20%
<b>Hessen</b>	<b>104</b>	<b>98</b>	<b>90</b>	<b>83</b>	<b>70</b>	<b>81</b>	<b>74</b>	<b>-29%</b>
Mecklenburg-Vorpomm.	52	40	29	24	22	14	13	-75%
Niedersachsen	196	181	227	233	253	255	193	-2%
Nordrhein-Westfalen	300	235	196	243	256	268	259	-14%
Rheinland-Pfalz	58	48	65	60	73	64	38	-34%
Saarland	17	12	12	9	7	11	12	-29%
Sachsen	125	104	93	79	50	64	72	-42%
Sachsen-Anhalt	44	55	60	62	74	58	61	39%
Schleswig-Holstein	48	37	45	46	51	49	43	-10%
Thüringen	63	47	37	22	18	20	15	-76%
<b>Deutschland</b>	<b>2.234</b>	<b>1.875</b>	<b>1.786</b>	<b>1.753</b>	<b>1.719</b>	<b>1.715</b>	<b>1.505</b>	<b>-33%</b>

Quelle: ZSW 2022b (Stand: 02.06.2022).

Da die Daten für das Jahr 2021 noch nicht vollständig vorliegen, sind in Tabelle 27 die Jahre 2011 bis 2020 berücksichtigt.<sup>36</sup> Um Jahresschwankungen abzuschwächen, werden die Angaben für jeweils vier Jahre in insgesamt sieben Zeiträume zusammengefasst. Zeitraum I umfasst demnach die Patentanmeldungen der Jahre 2011 bis 2014 und Zeitraum VII die Patentanmeldungen der Jahre 2017 bis 2020.

In Deutschland wurden im Zeitraum von 2011 bis 2014 insgesamt 2.234 Patente im Bereich erneuerbarer Energien angemeldet. Im Zeitraum von 2017 bis 2020 waren es 1.505, was einem Rückgang um ein Drittel (-33 %) entspricht. In Hessen fällt der entsprechende relative Rückgang geringfügig niedriger aus (-29 %). Hier nahm die Zahl von 104 Patentanmeldungen im Zeitraum I auf 74 im Zeitraum VII ab. Die im Vergleich zu anderen Bundesländern niedrigen Patentanmeldungszahlen in Hessen sind vor allem darauf zurückzuführen, dass in Hessen kaum erneuerbare Energieanlagen produziert werden. Als regionale Schwerpunkte für den Bau von Windenergieanlagen sind Niedersachsen und Hamburg zu nennen. Der Bau von PV-Anlagen konzentriert sich auf Bayern und Baden-Württemberg.

### **Forschungsprojekt „Analyse und Perspektiven des Hessischen Windenergieausbaus“**

Mit dem Förderprojekt ANSWER – „Analyse und Perspektiven des Hessischen Windenergieausbaus“ werden die bestehenden Flächenpotenziale in den hessischen Windvorranggebieten für die Beschleunigung des Windenergieausbaus untersucht. Das Vorhaben soll zur Entwicklung von Strategien und Lösungen für die flächeneffiziente Windenergienutzung beitragen.

Ziel des Vorhabens ist es dabei vor allem, die Bebauung von Windvorranggebieten systematisch zu analysieren und zu klassifizieren sowie daraus Lösungsansätze für eine optimierte Standortwahl der Windenergieanlagen und den Abbau von Hemmnissen abzuleiten. Im Rahmen einer Analyse von bebauten und nicht bebauten Windvorranggebieten werden unter anderem Faktoren wie Standortbeschaffenheit, Wind- und Eigentumsverhältnisse und Anlageneigenschaften beleuchtet sowie die Abstände von Windenergieanlagen zueinander, in Vorranggebieten untersucht.

Darüber hinaus sollen Gründe für die aktuell geringen Installationsdichten abgeleitet werden und daraus Lösungsansätze für eine bessere Ausnutzung der Windvorranggebiete abgeleitet werden. Abschließend werden, basierend auf Analysen von Soll-Ist-Abweichungen, Empfehlungen abgeleitet für eine bessere und effizientere Ausnutzung der Flächen.

Das Projekt wird mit ca. 140.000 Euro vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen gefördert und Ende 2022/Anfang 2023 abgeschlossen sein.

36 Die Patentauswertung für erneuerbare Energien lieferte im Vergleich zur Vorjahresauswertung in allen betrachteten Jahrgängen höhere Ergebnisse. Neben Nachmeldungen aus bereits erfassten Jahrgängen aufgrund des zeitlichen Verzugs zwischen Patentanmeldung und Eintragung in die Patentdatenbank ist dies im Wesentlichen auf eine Aktualisierung der für die Patentauswertung verwendeten IPC-Hauptklassen zur Identifizierung von Technologien im Bereich erneuerbarer Energien – insbesondere in der Solarenergie – zurückzuführen.

## 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 9. Oktober 2019, veröffentlicht im Staatsanzeiger des Landes Hessen Nr. 44/2019, S. 1046	Durch die Förderung sollen die Ziele des Hessischen Energiegesetzes (HEG) – die Deckung des Endenergieverbrauchs von Strom und Wärme bis zum Jahr 2050 möglichst zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energiequellen, die Anhebung der jährlichen energetischen Sanierungsquote im Gebäudebestand auf mindestens 2,5 bis 3 Prozent und die Begrenzung der negativen Auswirkungen des Klimawandels – vorangetrieben werden. Auf diese Weise soll eine sichere und umweltschonende Energieversorgung in Hessen gewährleistet sein, die bezahlbar und gesellschaftlich akzeptiert ist.
2	Novelle des Hessischen Energiegesetzes vom 16. November 2022	Durch eine Novelle des Hessischen Energiegesetzes sollen u. a. die Erreichung der Klimaneutralität und die Deckung des Endenergieverbrauchs von Strom und Wärme zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energiequellen auf das Jahr 2045 vorgezogen werden. Daneben werden eine Photovoltaikpflicht für landeseigene Gebäude und größere Parkplätze sowie die Verpflichtung zur kommunalen Wärmeplanung eingeführt. Außerdem reduziert die Novelle die Abstände von PV-Modulen und Wärmepumpen zu Nachbardächern bzw. Nachbargebäuden und legt fest, dass der Ausbau der Erneuerbaren Energien zukünftig im überragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient.
3	Fördermittelberatung der LandesEnergieAgentur Hessen	Informationen zu Fördermöglichkeiten für Privatpersonen, Kommunen sowie Unternehmen rund um das Thema Energie erhalten Interessierte bei der Fördermittelberatung der LandesEnergieAgentur Hessen GmbH (LEA). Service im Onlineportal: <a href="https://www.lea-hessen.de/aufgabenbereiche/foerdermittelberatung/">https://www.lea-hessen.de/aufgabenbereiche/foerdermittelberatung/</a>
4	LandesEnergieAgentur Hessen	Die LandesEnergieAgentur Hessen GmbH (LEA) übernimmt im Auftrag der Hessischen Landesregierung zentrale Aufgaben bei der Umsetzung der Energiewende und des Klimaschutzes. Darüber hinaus werden die Aspekte der Verkehrswende mit einbezogen, die eng mit der Energiewende verzahnt bzw. für eine Kombination mit entsprechenden Aktivitäten besonders gut geeignet sind. Ein Schwerpunkt ist die interessenunabhängige Information und Beratung aller Akteure sowohl in fachlicher als auch wirtschaftlicher und fördertechnischer Hinsicht. Ziele sind die Steigerung der Akzeptanz für die notwendigen Maßnahmen, insbesondere zur Energieeffizienz sowie zum Ausbau und zur Nutzung erneuerbarer Energien, bei allen hessischen Akteuren und eine beschleunigte Markteinführung und -durchdringung innovativer CO <sub>2</sub> -sparender Technologien. Die LEA ist die zentrale Anlaufstelle für Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen, Verbände, Vereine und nicht zuletzt für die hessischen Kommunen: <a href="http://www.lea-hessen.de">www.lea-hessen.de</a>
5	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>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
6	Energiemonitoring	2014 wurde die Monitoringstelle im HMWEVW 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. Seitdem erscheint der Bericht jährlich. <a href="https://wirtschaft.hessen.de/Energie/Daten-Fakten">https://wirtschaft.hessen.de/Energie/Daten-Fakten</a>
7	Hessisches Biogas-Forschungszentrum (HBFZ)	Das HBFZ ist eine Kooperation von Fraunhofer IWES mit dem Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) sowie dem Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (LHL) und befindet sich am Eichhof bei Bad Hersfeld. Am HBFZ werden verschiedene Projekte zur bedarfsgerechten Integration von Bioenergie in zukunftsfähige Energieversorgungssysteme durchgeführt. Zur Umsetzung der Forschung steht am Standort eine Biogasanlage mit Versuchsfärmenter sowie eine Versuchsplattform bereit. <a href="https://www.energieland.hessen.de/dynasite.cfm?dsmid=17497">https://www.energieland.hessen.de/dynasite.cfm?dsmid=17497</a>
8	Gründerwettbewerb „Science4Life Energy Award“	Der Gründerwettbewerb „Science4Life Energy Award“ soll junge Start-ups im Energiebereich bei der Umsetzung von Business-Ideen für neue Energieprodukte und -dienstleistungen in einem mehrstufigen Wettbewerb unterstützen. Ergänzend werden über die LEA Coaching-Maßnahmen angeboten. <a href="http://www.science4life.de/VentureCup/EnergyCup.aspx">http://www.science4life.de/VentureCup/EnergyCup.aspx</a>
9	Hessischer Staatspreis für innovative Energielösungen	Das HMWEVW lobt den Hessischen Staatspreis für innovative Energielösungen aus und prämiert damit Beiträge, die der Erreichung einer sicheren, umweltschonenden, bezahlbaren und gesellschaftlich akzeptierten Energieversorgung in Hessen dienen. Ziel ist es, bis zu fünf Preise in den Themenfeldern Strom, Wärme, Verkehr, Systemintegration und Nachwuchs zu vergeben. Mit dem Staatspreis werden so innovative und zukunftsweisende Lösungen sichtbar gemacht und gefördert. <a href="http://www.hessischer-staatspreis-energie.de">www.hessischer-staatspreis-energie.de</a>
10	Landesnetzwerk Bürger-Energiegenossenschaften Hessen e. V.	Der LaNEG Hessen e. V. ist eine von der Hessischen Landesregierung geförderte Initiative für die Vernetzung und Förderung der hessischen Bürger-Energiegenossenschaften. <a href="http://www.laneg-hessen.de/">http://www.laneg-hessen.de/</a>
11	Contracting-Netzwerk Hessen	Das Contracting-Netzwerk Hessen (CNH) ist eine Initiative des HMWEVW. Mit dem jährlichen Contracting-Tag Hessen sowie weiteren Fachworkshops und Netzwerktreffen bietet es eine Plattform für Informations- und Erfahrungsaustausch zum Thema Contracting in Hessen. Darüber hinaus wurde im Rahmen des CNH der Hessische Contracting-Preis 2021 verliehen und erfolgreiche Beispiele von hessischen Contracting-Projekten in einer Neuauflage der Best-Practices-Broschüre vorgestellt. <a href="http://www.hessischer-contractingpreis.de">www.hessischer-contractingpreis.de</a>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
12	Hessen aktiv: Die Klima-Kommunen	<p>Über 350 Klima-Kommunen 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. Das Bündnis besteht nun seit über zehn Jahren und inzwischen sind mehr als drei Viertel aller Kommunen im Bündnis vertreten. Die Landkreise sind sogar vollzählig. Diese sind besonders wichtig, da sie als regionale Multiplikatoren die Kommunen auch bei der Umsetzung von Maßnahmen und der Beantragung von Fördermitteln unterstützen.</p> <p>Seit 2021 werden die Klima-Kommunen auch verstärkt im Bereich der kommunalen Treibhausgasbilanzierung unterstützt, sowohl durch Beratung als auch durch Unterstützung bei der Datenbeschaffung. So wird auf Basis der Daten des hessischen Energiemonitorings allen Kommunen ein Energiesteckbrief geschickt, der darstellt, welche EEG-geförderten Anlagen vor Ort installiert sind. Zur Vergleichbarkeit werden ebenfalls die Daten für Hessen insgesamt angegeben.</p> <p>Ebenfalls seit 2021 gibt es für die Klima-Kommunen eine vorkonzipierte Solarkampagne, die von den Kommunen individualisiert umgesetzt werden kann und sich an Privatpersonen richtet. Hier lassen sich auch Kampagnenelemente aus dem Solarpaket integrieren, ebenso wird das hessische Solar-Kataster beworben.</p> <p><a href="https://www.klima-kommunen-hessen.de">https://www.klima-kommunen-hessen.de</a></p>
13	Richtlinie des Landes Hessen zur Förderung von kommunalen Klimaschutz- und Klimaanpassungsprojekten sowie von kommunalen Informationsinitiativen	<p>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. Die Richtlinie wurde im September 2019 um die Förderung von Trinkwasserbrunnen im urbanen Raum als Klimaanpassungsmaßnahme, die Förderung der Einrichtung kommunaler Verleihsysteme von CO<sub>2</sub>-armen Mobilitätssystemen (ausgenommen Elektroautos) sowie deren Anschaffung für den innerkommunalen Gebrauch (z. B. E-Lastenfahrräder) als investive Klimaschutzmaßnahme und um die Förderung von Maßnahmen zur Haus- und Hofbegrünung durch private Immobilieneigentümer als Klimaanpassungsmaßnahme in Kommunen, wenn die Kommune hierzu ein Förderprogramm auflegt, erweitert. Um neben der Möglichkeit zusätzlich auch Fördermittel des Bundes im Rahmen der Nationalen Klimainitiative (NKI) in Anspruch zu nehmen, ist jetzt auch eine Kumulation mit dem Investitionsprogramm der HESSENKASSE möglich. Der Fördersatz für Kommunen beträgt 80 Prozent, Mitgliedskommunen des Bündnisses „Hessen aktiv: Die Klima-Kommunen“ erhalten einen Fördersatz von 100 Prozent, befristet bis Ende 2022.</p> <p><a href="https://umwelt.hessen.de/klimaschutz/klimarichtlinie">https://umwelt.hessen.de/klimaschutz/klimarichtlinie</a></p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
14	Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025 / Klimaplan Hessen / Hessisches Klimagesetz	<p>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.</p> <p>Das Land Hessen hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2020 seine Treibhausgasemissionen um 30 Prozent im Vergleich zu 1990, bis 2025 um 40 Prozent und bis 2030 um 55 Prozent zu reduzieren und im Jahr 2045 treibhausgasneutral zu sein. Entsprechend dem Entwurf eines Klimagesetzes wird das Ziel für 2030 verschärft auf 65 Prozent. Der Gesetzentwurf liegt dem Landtag vor.</p> <p>Der integrierte Klimaschutzplan Hessen 2025 unterlegt seine Ziele mit 140 konkreten Maßnahmen für Klimaschutz und Klimawandelanpassung. Von den 140 Maßnahmen sind bereits 113 Maßnahmen in fortlaufender Umsetzung oder abgeschlossen. So wurden Förderprogramme aufgebaut und erweitert sowie Institutionen gegründet wie die LandesEnergieAgentur. Für Kommunen, Privatpersonen und Unternehmen wurden Beratungsangebote entwickelt und Projekte der Klimabildung ausgebaut.</p> <p>Der Klimaplan Hessen als Weiterentwicklung des Integrierten Klimaschutzplans Hessen soll bis Ende 2022 finalisiert werden. Die Ressorts haben Maßnahmen für den Klimaplan Hessen eingereicht, ein wissenschaftliches Fachkonsortium hat diese gesichtet und die Öffentlichkeitsbeteiligung hat stattgefunden. Bis zur Finalisierung des Klimaplanes Ende 2022 / Anfang 2023 soll ein Mehr-Klimaschutz-Programm mit 18 Maßnahmen zusätzlich starke Impulse für Klimaschutz und -anpassung setzen. Das Programm wurde Anfang 2021 der Öffentlichkeit vorgestellt.</p> <p><a href="https://hessen.de/sites/hessen.hessen.de/files/2022-10/klimagesetz_im_ueberblick.pdf">https://hessen.de/sites/hessen.hessen.de/files/2022-10/klimagesetz_im_ueberblick.pdf</a></p>
15	„Klimaplan Hessen: Wir zeigt Wirkung!“ – Klimaschutzkampagne für Hessen	<p>Am 28. Mai 2018 startete die Klimakampagne. Die Kampagne ist eine prioritäre Maßnahme des Integrierten Klimaschutzplans Hessen 2025 (IKSP) und begleitet dessen Umsetzung. Die Kampagne möchte alle Hessinnen und Hessen für den Klimaschutz vor Ort begeistern und setzt dafür auf kreative Tipps und Aktionen zum CO<sub>2</sub>-Sparen in den Themenfeldern Energie, Mobilität, Konsum und Ernährung. Aber auch Themen der Klimawandelfolgen werden aufgegriffen.</p> <p>Ein weiteres Kampagnenelement im Jahr 2021 waren drei Filmclips über Klimahandler und Klimahandlerinnen, die zeigen wie Menschen in Hessen konkret den Klimaschutz vor Ort vorantreiben – sei es in ihrer Rolle als Unternehmer oder Unternehmerin, Landwirt oder Landwirtin, Kommune oder Privatperson – und dabei vom Land unterstützt werden. Ebenfalls wurden die Klimaverlierer vorgestellt. Der Klimawandel bedroht den Fortbestand vieler Arten in Hessen. Damit sie eine Zukunft haben, müssen wir jetzt handeln.</p> <p>2021 erfolgte der Kampagnen-Relaunch: Das Klima ändert sich und die Kampagne auch. Aus dem IKSP 2025 wird der neue Klimaplan Hessen: Wir zeigt Wirkung! Mit dem Klimaplan Hessen heißt es, an den IKSP anzuknüpfen, um das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen.</p> <p>Als neue Kampagnen-Maßnahmen gibt es einen Erklärfilm zur Entwicklung des neuen Klimaplanes Hessen und eine neue Webserie „Alisha hat Fragen“.</p> <p>Die Begleitung der Öffentlichkeitsbeteiligung zur Weiterentwicklung hin zum neuen Klimaplan wurde in 2022 ebenso über die Kampagne begleitet.</p> <p><a href="https://www.klimaschutzplan-hessen.de/startseite">https://www.klimaschutzplan-hessen.de/startseite</a></p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
16	Roadmap Energie	<p>Die Roadmap Energie Hessen legt die konkreten Schritte zur weiteren Umsetzung der Energiewende in Hessen fest. Es wurden insgesamt sechs Gebiete identifiziert, die für den weiteren Erfolg der Energiewende in Hessen entscheidend sind und aus denen sich für Hessen die größten wirtschaftlichen Chancen ergeben: Ausbau erneuerbarer Energien, Energieeffizienz Strom und Wärme, weiterer Ausbau Infrastruktur E-Mobilität sowie die zwei zentralen Querschnittsthemen Digitalisierung und Sektorenkopplung.</p>
17	Wärmeeffizienzpaket	<p>Das Ziel, eine vollständige Versorgung Hessens durch Wärme aus erneuerbaren Energien zu erreichen, wurde bereits 2011 im Rahmen des Hessischen Energiegipfels entwickelt. Zentraler Baustein, um dieses Ziel zu erreichen, ist das hessische Wärmeeffizienzpaket, das die Landesregierung mit der LandesEnergieAgentur entwickelt und umsetzt. Die Angebote des Wärmeeffizienzpakets richten sich sowohl an die einzelne Bürgerin oder den einzelnen Bürger als auch gezielt an Kommunen und die Wirtschaft.</p> <p><a href="https://wirtschaft.hessen.de/Energie/Waermeeffizienz">https://wirtschaft.hessen.de/Energie/Waermeeffizienz</a></p>
18	Zukunftsforum Energie & Klima	<p>„Bring Deine Energie für den Wandel ein!“ Unter diesem Motto kommen Akteure aus Verwaltung, Kommunal- und Landespolitik sowie Vertreter aus Wirtschaft und Bürgerenergie in Kassel zusammen, um gemeinsam die dezentrale Energieversorgung und den globalen Klimaschutz weiter voranzutreiben. Das Zukunftsforum Energie &amp; Klima ist die zentrale Plattform für Erfahrungsaustausch, Information sowie Vernetzung und knüpft mit über 500 Teilnehmerinnen und Teilnehmern an den Erfolg der bundesweiten Kongressreihe „100 % Erneuerbare-Energie-Regionen“ und „Zukunftsforum Energiewende“ an.</p> <p><a href="https://www.zufo-energie-klima.de/">https://www.zufo-energie-klima.de/</a></p>
19	Bildungsinitiative Erneuerbare Energien	<p>Die Bildungsinitiative Erneuerbare Energien ist eine Maßnahme des IKSP 2025. Die Initiative verfolgt das Ziel, durch Lernangebote in verschiedenen Zielgruppen und Altersstufen Wissen über Zusammenhänge der Energiewende zu initiieren und zu unterstützen. Im Rahmen der Bildungsinitiative Erneuerbare Energien wurde u. a. eine VHS-Bildungsreihe zum Thema Energie entwickelt. Die Bildungsinitiative wird von der LEA umgesetzt.</p> <p><a href="https://www.lea-hessen.de/bildungsangebote/uebersicht/">https://www.lea-hessen.de/bildungsangebote/uebersicht/</a></p>
20	Digitales Potenzialflächenkataster	<p>Die Hessische Landesregierung unterstützt auf Basis des Koalitionsvertrags für die 20. Legislaturperiode die Städte und Gemeinden beim Flächensparen durch den Aufbau einer Datenbank zur Ermittlung innerörtlicher Flächenreserven, das sogenannte Digitale Potenzialflächenkataster. Für verschiedene Modellkommunen wurden in Zusammenarbeit mit dem Hessischen Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation versuchsweise erste mögliche Potenzialflächen ermittelt. Nach dem Abschluss eines EU-weiten Vergabeverfahrens im Juni 2022 ist geplant, dass den hessischen Städten und Gemeinden das Digitale Potenzialflächenkataster zum Jahresende 2022 als Pilotanwendung und ab 2023 im Echtbetrieb zur Verfügung steht.</p> <p>Das Digitale Potenzialflächenkataster wird ein wichtiges Steuerungsinstrument werden, um trotz des großen Siedlungsdrucks vor allem im Ballungsraum FrankfurtRheinMain den Flächenverbrauch landesweit auf 2,5 Hektar pro Tag zu begrenzen und gleichzeitig den Kommunen die nötigen Entwicklungsmöglichkeiten zu bieten, um dringend benötigten Wohnraum zu schaffen. Mit dem Digitalen Potenzialflächenkataster können vor allem ungenutzte Innenreserven mobilisiert werden, Flächen im Außenbereich können geschont werden und die Bodenversiegelung wird gebremst.</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
21	Innovations- und Strukturentwicklungsbudget – Schwerpunkt Nachhaltigkeit	<p>Neben der Förderung von Projekten zur Einrichtung und dem Betrieb von Green Offices / Nachhaltigkeitsbüros und der Erarbeitung und Umsetzung von hochschulindividuellen Nachhaltigkeitsstrategien werden auch Vorhaben mit dem Ziel einer CO<sub>2</sub>-neutralen Hochschule unterstützt. Dazu gehören beispielsweise Projekte, die sich mit Maßnahmen zur Beeinflussung des Nutzerverhaltens, der Steigerung der Energieeffizienz sowie der Verringerung des Primärenergieeinsatzes und der Treibhausgasemissionen im Liegenschaftsbereich der hessischen Hochschulen beschäftigen.</p> <p>Für den Schwerpunkt Nachhaltigkeit stellt die Landesregierung den hessischen Hochschulen im Rahmen des Hessischen Hochschulpakts 2021 bis 2025 jährlich 5 Mio. Euro zur Verfügung.</p>
<b>Energieeffizienz (Gebäude)</b>		
22	Energieeffizienz im Mietwohnungsbau	<p>Für hocheffiziente Modernisierungs- und Neubaumaßnahmen an / in Mietwohngebäuden wird eine Förderung in Form von Zinszuschüssen auf KfW-Darlehen gewährt, die von der WIBank ausgereicht werden.</p> <p>Gefördert werden Investitionen in Mietwohngebäude zur nachhaltigen Verringerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen nach dem KfW-Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG-WG, Programm-Nr. 261)“, und zwar nur diejenigen Maßnahmen, die dazu beitragen, im modernisierten Wohngebäude mindestens das Niveau des KfW-Effizienzhauses 85 und im Neubau mindestens das Niveau 40 NH zu erreichen.</p> <p>Beim energieeffizienten Sanieren von Mietwohnungen werden seit dem 1. Juli 2021 die KfW-Effizienzhausstandards 40, 40 EE, 55, 55 EE, 70, 70 EE, 85 und 85 EE sowie „Denkmal“ und „Denkmal EE“ gefördert. Beim Neubau von Mietwohnungen wird der KfW-Effizienzhausstandard 40 NH gefördert. Passivhäuser werden im Rahmen eines der o. g. KfW-Energieeffizienzhausstandards gefördert.</p> <p><a href="https://www.wibank.de/wibank/hessisches-programm-zur-energieeffizienz-im-mietwohnungsbau/mietwohnungen-hessisches-programm-energieeffizienz-306944">https://www.wibank.de/wibank/hessisches-programm-zur-energieeffizienz-im-mietwohnungsbau/mietwohnungen-hessisches-programm-energieeffizienz-306944</a></p>
23	Förderung der Modernisierung von Altbauten zum Passivhaus	<p>Gefördert werden Modernisierungsmaßnahmen in Gebäuden, durch die der jährliche Heizwärmebedarf des Gebäudes auf maximal 25 kWh pro Quadratmeter reduziert wird. Bei der energetischen Modernisierung sollen passivhaustaugliche Komponenten, Bautechniken und Verfahren zur Anwendung kommen. Die Mehrausgaben gegenüber einer Modernisierung gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) werden mit bis zu 50 Prozent bezuschusst.</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
24	<p>Kommunalrichtlinie (Energie) nach § 3 des Hessischen Energiegesetzes (HEG) zur Förderung der Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien in den Kommunen vom 30. April 2021, veröffentlicht im Staatsanzeiger des Landes Hessen Nr. 21/2021, S. 694</p>	<p>In der Kommunalrichtlinie (Energie) werden die Förderangebote für investive Kommunalmaßnahmen im Energiebereich zusammengefasst. Im Einzelnen werden gefördert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energetische Modernisierungsmaßnahmen von Nichtwohngebäuden in drei Qualitätsstufen sowie von Einzelmaßnahmen auf der Basis von Kostenrichtwerten, auch für neue Fördertatbestände z. B. zur Speichertechnologie, zum Einsatz nachwachsender Dämmstoffe und zur smarten Anlagentechnik</li> <li>- Neubauten mit besonders hohen energetischen Standards, in begründeten Ausnahmefällen: Ersatzneubauten, wenn die energetische Qualität der Ersatzneubauten den energetischen Anforderungen der geförderten Neubauten entspricht</li> <li>- Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien sowie von innovativen Energietechnologien in kommunalen Liegenschaften. Förderschwerpunkte sind aktuell die LED-Straßenbeleuchtung, Solarabsorberanlagen und Energieeffizienzmaßnahmen in kommunalen Freibädern sowie Maßnahmen zur Digitalisierung im Energiebereich kommunaler Gebäude. Auf Antrag der betroffenen Kommune können kommunalersetzen Maßnahmen gefördert werden.</li> </ul> <p>Die Förderhöhe ist abhängig von der Art der Maßnahme sowie der finanziellen Leistungsfähigkeit der Kommune und beträgt in der Regel 30 bis 80 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. Im Juli 2022 wurden die Kostenrichtwerte für die Modernisierung erhöht.</p> <p><a href="https://www.wibank.de/wibank/energieeffizienz-und-erneuerbare-energien/foerderung-energieeffizienz-und-nutzung-erneuerbarer-energien-307140">https://www.wibank.de/wibank/energieeffizienz-und-erneuerbare-energien/foerderung-energieeffizienz-und-nutzung-erneuerbarer-energien-307140</a></p>
25	<p>Bürgerschaftsprogramm für Wohnungseigentümergeinschaften</p>	<p>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 WIBank KfW-Darlehen an und sichert diese mit einer Bürgschaft des Landes ab.</p>
26	<p>CO<sub>2</sub>-neutrale Landesverwaltung</p>	<p>Die 2009 gestartete Maßnahme strebt eine klimaneutral arbeitende Landesverwaltung ab dem Jahr 2030 an. Die Federführung liegt beim HMdF. Die Maßnahme ist eine prioritäre Maßnahme des Integrierten Klimaschutzplans Hessen 2025. Wesentliche Handlungsfelder sind: Erstellung von CO<sub>2</sub>-Bilanzen, Energieeffizienzplan und Öffentlichkeitsarbeit. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen konnten im Vergleich zu 2008 um rund 65 Prozent reduziert werden.</p>
27	<p>COME-Hochschulen CO<sub>2</sub>-Minderungs- und Energieeffizienzprogramm für Hochschulliegenschaften</p>	<p>Das 2018 begonnene Programm COME-Hochschulen dient der energetischen Sanierung von Hochschulgebäuden und ist das Nachfolgeprogramm von COME. Für energetische Maßnahmen steht ein Budget von 236 Mio. Euro zur Verfügung. Eine Hälfte der Programmmittel wird im Einzelplan 18 zur Verfügung gestellt, die andere Hälfte tragen die Hochschulen. Rund 45 Baumaßnahmen werden bearbeitet.</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
28	COME-Solar Bauprogramm für Photovoltaik und Solarthermie	Die Nutzung von Solarenergie zur Wärmeerzeugung sowie für die Eigenstromerzeugung auf den Landesliegenschaften soll im Rahmen der CO <sub>2</sub> -neutralen Landesverwaltung deutlich ausgebaut werden. Von 2021 bis 2024 sollen insgesamt 26 Mio. Euro zur Verfügung gestellt werden. Da der Wärmebedarf in den Landesliegenschaften i. d. R. nur saisonal, der Strombedarf jedoch ganzjährig besteht, wird der Fokus auf der Errichtung von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) liegen. Mit den vorgesehenen Mitteln sollen rund 10,5 MWp PV-Leistung erschlossen werden. Damit können rund 10 GWh an regenerativ erzeugtem Strom produziert werden.
29	COME-Mobilität Ausbau der Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge und Fahrradabstellanlagen an Landesdienststellen	Ab 2021 baut das Land die Errichtung der Ladeinfrastruktur deutlich aus. Bis 2030 werden alle Dienststellen des Landes im Rahmen der CO <sub>2</sub> -neutralen Landesverwaltung bedarfsgerecht mit Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge ausgestattet. Bis 2025 werden zunächst bis zu 150 Ladepunkte für E-Fahrzeuge jährlich an den Dienststellen des Landes installiert, sodass bis 2030 der komplette Fuhrpark der Landesverwaltung auf klima- und umweltfreundliche Fahrzeuge umgestellt werden kann. Bis 2023 sollen 1.000 zusätzliche Fahrradabstellplätze an Landesdienststellen geschaffen werden. Für das Programm sind 3,7 Mio. Euro jährlich bis 2025 vorgesehen.
30	Informationsveranstaltungen Energieeinsparung Nutzerverhalten	Fortbildungsmaßnahmen sollen die Koordinatorinnen und Koordinatoren für Energiefragen in der Wahrnehmung ihrer Rolle nach EMA Hessen unterstützen. Mit dem Angebot eines E-Learning-Seminars werden ihnen Kenntnisse über Energieverbrauch und Einsparpotenziale in der Dienststelle gegeben und wirksame Kommunikationswege zur Gewinnung von interessierten Kolleginnen und Kollegen aufgezeigt.
31	Novellierung des gemeinsamen Runderlasses EMA-Hessen	Mit der Novellierung der EMA-Hessen (Hinweise zum Energiemanagement in den Dienststellen des Landes) vom 15. Januar 2018 können die Einsparpotenziale in den einzelnen Dienststellen des Landes noch stärker aktiviert werden. Denn in jeder Dienststelle ist künftig eine Mitarbeiterin / ein Mitarbeiter als „Koordinatorin / Koordinator für Energiefragen“ zu benennen. Diese sollen maßgeblich zur Sicherstellung einer sachgerechten und wirtschaftlichen Energieverwendung sowie zur Einwirkung auf das Nutzerverhalten der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Sinne einer Energieeinsparung beitragen. Fachlich begleitet werden sollen sie von den Energiebeauftragten und dem Competence Center Energie (CC Energie) des LBIH.
32	Ermittlung der energetischen Sanierungsrate im hessischen Gebäudebestand	Das Institut Wohnen und Umwelt hat ein Forschungsvorhaben zu den energetischen Merkmalen im hessischen Wohngebäudebestand durchgeführt. Die Ergebnisse wurden 2018 veröffentlicht. Für die Bewertung des Erfolgs und die Weiterentwicklung der Klimaschutzstrategie im Wohngebäudebereich sollen zukünftig weitere empirische Erhebungen zur Sanierungsrate durchgeführt werden.
33	Verbesserung des klimafreundlichen sommerlichen Wärmeschutzes bei gewerblichen Bauten	Die Maßnahme wird seit 2020 unter der Federführung des HMWEVW durch die LEA durchgeführt und bietet Webinare sowie einen Leitfaden zur Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes. Sie zielt auf die Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes bei gewerblichen Bauten und in Kommunen und adressiert dabei die Aspekte Klimawandelanpassung, Klimaschutz und Efficiency First mit dem Ziel der Vermeidung zusätzlicher Energie- und Ressourcenverbräuche zur Gebäudekühlung.
34	Nachhaltiges Bauen mit Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen	Es werden Informationsveranstaltungen und Fortbildungen für Handwerkerinnen und Handwerker sowie Verbraucherinnen und Verbraucher angeboten. <a href="https://lh.hessen.de/umwelt/biorohstoffnutzung/bauen-und-sanieren/">https://lh.hessen.de/umwelt/biorohstoffnutzung/bauen-und-sanieren/</a>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
<b>Energieeffizienz (Strom und sektorübergreifend)</b>		
35	Unterstützung von Energieeffizienznetzwerken	Unterstützung der Gründung betrieblicher Energieeffizienz- und Klimaschutznetzwerke: Die LandesEnergieAgentur Hessen GmbH ist regionale Koordinationsstelle für das Land Hessen, bündelt die regionalen Aktivitäten des Bundeslandes und im Bundesland und steht für alle Fragen zur Verfügung.
36	LED-Straßenbeleuchtung	Die Modernisierung der Straßenbeleuchtung auf LED-Technik kann 70 bis 80 Prozent des Energieverbrauchs der Straßenbeleuchtung einsparen. Das Land Hessen fördert nach der Kommunalrichtlinie Modernisierungsmaßnahmen, die diese Einsparung erreichen, mit 15 Prozent, zusätzlich zur bestehenden Förderung des Bundes.
37	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 9. Oktober 2019. Sie wird gewährt zur Einrichtung von Energieberatungsstellen und Energieagenturen für einen Zeitraum von drei Jahren und u. U. für weitere zwei Jahre als Anschlussförderung zur Verstetigung der Arbeit. Die Einrichtung von neuen Energieberatungsstellen und Energieagenturen muss in Kooperation mit der LandesEnergieAgentur Hessen erfolgen.
38	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 9. Oktober 2019. Über diesen Fördertatbestand können auch Weiterbildungsangebote der Architekten- und Handwerkskammern und Qualifikationsangebote von Hochschulen gefördert werden.
39	Aufsuchende Energieberatung	Die Kampagne „Aufsuchende Energieberatung“ bietet Bürgerinnen und Bürgern in Zusammenarbeit mit den Kommunen einen einfachen Zugang zum Thema energetische Gebäudemodernisierung. Im Rahmen dieser Erstberatungskampagne zur energetischen Gebäudemodernisierung auf Quartiersebene kommen die Energieberaterinnen und Energieberater direkt ins Haus der Bürgerinnen und Bürger und zeigen auf, wie ein Gebäude zukunftssicher an die Herausforderungen des Klimaschutzes angepasst werden kann. Interessierte Kommunen können sich weiterhin bei der LEA für die Teilnahme an der Kampagne anmelden: <a href="https://www.lea-hessen.de/kommunen/kampagne-aufsuchende-energieberatung/">https://www.lea-hessen.de/kommunen/kampagne-aufsuchende-energieberatung/</a>
40	Hessische Initiative für Energieberatung im Mittelstand (HIEM)	Die Hessische Initiative für Energieberatung im Mittelstand bietet kostenlose niederschwellige Impulsberatungen für kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU) zu Energieeffizienzmaßnahmen an: <a href="https://www.energieeffizienz-hessen.de/">https://www.energieeffizienz-hessen.de/</a>
41	PIUS-Beratung – Programm zur Steigerung des produktionsintegrierten Umweltschutzes und der Ressourceneffizienz	Die geförderte PIUS-Beratung unterstützt Unternehmen dabei, durch Prozessoptimierung der Stoff- und Energiekreisläufe ihren Ressourcenverbrauch und ihre Emissionen zu senken und so ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken: <a href="https://www.technologieland-hessen.de/Pius-Foerderung">https://www.technologieland-hessen.de/Pius-Foerderung</a>
42	PIUS-Invest – Investitionsförderprogramm zur Steigerung der Ressourceneffizienz	Das Programm PIUS-Invest bezuschusst Investitionsprojekte, die die Ressourceneffizienz (Energie- und Materialeffizienz) verbessern und CO <sub>2</sub> -Emissionen einsparen, mit bis zu 500.000 Euro. Förderfähig sind Vorhaben von KMU in Hessen, die durch Prozess- oder Organisationsinnovationen zu einer wesentlichen Verbesserung der CO <sub>2</sub> -Bilanz beitragen. <a href="http://www.pius-invest.de">www.pius-invest.de</a>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
43	Modellprojekt „Interkommunales Sanierungsmanagement für sechs Quartiere im ländlichen Raum (Werra-Meißner-Kreis)“	Das Modellprojekt „Interkommunales Sanierungsmanagement für sechs Quartiere im ländlichen Raum (Werra-Meißner-Kreis)“ ist ein Folgeprojekt zur Umsetzung des im Jahr 2017 erfolgreich abgeschlossenen Modellprojekts „Integrierte energetische Quartierssanierung im ländlich geprägten Raum (Werra-Meißner-Kreis)“ für sechs kommunale Quartiere. Die gemeinsame Unterstützung durch die KfW und das Land ermöglicht den Kommunen und dem Kreis den Aufbau eines effizienten Sanierungsmanagements zur Umsetzung der in den Quartierskonzepten entwickelten Projektansätze und Handlungsstrategien in den ausgewählten Quartieren in Eschwege, Großalmerode, Herleshausen, Meißner-Germerode, Ringgau-Netra und Witzenhausen. Modellhaft für Hessen und die Bundesrepublik soll mit dem Projekt die interkommunale Zusammenarbeit bei der energetischen Sanierung von Bestandsquartieren erprobt werden. Die Übertragung der Erkenntnisse auf weitere Kommunen wird vorbereitet.
44	Förderprogramm zur Unterstützung des KfW-Programms 432 (energetische Stadt-sanierung)	Die Ergänzungsförderung für energetische Quartierskonzepte und Sanierungsmanagement erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 9. Oktober 2019.
45	Leitfaden Kommunale Wärmeplanung	Um Städte und Gemeinden bei der Wärmeplanung zu unterstützen, hat die LandesEnergieAgentur gemeinsam mit dem hessischen Energieministerium einen kommunalen Wärmeleitfaden veröffentlicht. Der Wärmeleitfaden fasst in zwölf übersichtlichen Schritten zusammen, wie eine Stadt oder Gemeinde die Wärmewende vor Ort strategisch angehen kann. Konkrete Beispiele vermitteln einen Eindruck, wie Wärmeeffizienzprojekte in der Kommune erfolgreich umgesetzt werden können. Der Leitfaden steht unter: <a href="https://wirtschaft.hessen.de/Energie/Waermeeffizienz">https://wirtschaft.hessen.de/Energie/Waermeeffizienz</a>
46	Leitfaden Energieeffizienz in Krankenhäusern und Gesundheitseinrichtungen	Mit dem Leitfaden soll über die Möglichkeiten zur Energieeinsparung und den Einsatz erneuerbarer Energien in Krankenhäusern und Gesundheitseinrichtungen mit ihren speziellen Rahmenbedingungen informiert werden. Der Leitfaden gibt Einblicke, welche Maßnahmen in den verschiedenen Bereichen angedacht werden sollten, und zeigt gute Beispiele umgesetzter Maßnahmen auf.  Der Leitfaden kann über die LEA bezogen werden: <a href="https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2022/3837_Leitfaden-Energieeffizienz-Krankenhaeuser-und-Gesundheitseinrichtungen.pdf">https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2022/3837_Leitfaden-Energieeffizienz-Krankenhaeuser-und-Gesundheitseinrichtungen.pdf</a>
<b>Erneuerbare Energien</b>		
47	Bürgerforum Energiewende Hessen	Das Landesprogramm Bürgerforum Energiewende Hessen unterstützt die Energiewende in Hessen durch zielgerichtete Informations- und Dialogangebote für die Bürgerinnen und Bürger in den besonders betroffenen Kommunen. Das Programm wird durch die LandesEnergieAgentur durchgeführt.
48	Expertenworkshops Windenergie	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.).

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
49	Hessische Verwaltungsvorschrift zur Berücksichtigung der Naturschutzbelange bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (WEA) in Hessen	<p>Durch das Inkraftsetzen einer Verwaltungsvorschrift im Jahr 2020 wird die Umsetzung der Belange des Naturschutzes beim Windenergieausbau in Hessen einheitlich geregelt. Hierüber wird die Errichtung von Windenergieanlagen auf größenordnungsmäßig zwei Prozent der Landesfläche beschleunigt.</p> <p>Der aus der 4. Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes ggf. punktuell resultierende Anpassungsbedarf der Verwaltungsvorschrift wird derzeit geprüft.</p>
50	Wissensaufbau auf dem Gebiet der naturverträglichen Energiewende	<p>Für eine naturverträgliche Umsetzung des Windenergieausbaus in Hessen auf der Grundlage naturraumspezifischer Erkenntnisse trägt das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen in Zusammenarbeit mit dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz durch Forschungsprojekte zum Wissensaufbau und zur Verbesserung der Datengrundlage bei windenergiesensiblen Vogelarten wie beispielsweise dem Rotmilan bei.</p>
51	Gutachten zur Ermittlung des Flugverhaltens des Rotmilans im Windparkbereich unter Einsatz von Detektionssystemen	<p>Ein im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen in Abstimmung mit dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz vergebene Gutachten vertieft das Wissen zum Flugverhalten des Rotmilans im Bereich von Windenergieanlagen (WEA). Dieses Wissen wird unter Einsatz eines für die Vogelerkennung geeigneten Detektionssystems im Windparkbereich in einer topografisch bewegten Landschaft zusammengetragen. Hierüber wird für den Rotmilan, der landesweit mit ca. 1.100 Brutpaaren flächenhaft und häufig vorkommt, ein Beitrag zur Objektivierung der Sachverhaltsermittlung geleistet. Darüber hinaus werden für die Art die in Hessen bestehenden Methoden zur Vermeidung eines signifikant erhöhten Tötungsrisikos durch WEA-Betriebszeitenregelungen fortentwickelt und Fachinformationen für probabilistische Bewertungsmethoden (Wahrscheinlichkeitsbetrachtung) bei der Bestimmung des signifikant erhöhten Tötungsrisikos bereitgestellt.</p> <p>Die Ergebnisse der viermonatigen Untersuchung mittels Detektionssystem sollen Ende 2022 veröffentlicht werden.</p>
52	Förderung von innovativen Energietechnologien	<p>Die Förderung erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 9. Oktober 2019. Beispiele: Eisspeicher im Quartier, Smart-Home-Technologieprojekt im Wohngebiet, innovatives Erdkabeltestprojekt, innovative Einbindung von Mikrogasturbinen in Produktionsprozesse, geothermisch gestützte Anlagen zum Heizen und Kühlen von Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden, Abwärmenutzung zur Gebäude- und Quartiersbeheizung.</p>
53	Förderung von kommunalen Energie- und Quartierskonzepten	<p>Die Förderung von kommunalen Energie- und Quartierskonzepten erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 9. Oktober 2019. Energiekonzepte bilden die Entscheidungsgrundlagen für innovative Quartierslösungen mit einem hohen Grad an Eigenversorgung z. B. durch Blockheizkraftwerke (BHKW) und erneuerbare Energien. Weitere Themen sind Nahwärmelösungen auf der Basis von Biomasse oder auch interkommunale Projekte wie z. B. zur Nutzung der Windenergie oder der Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung.</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
54	Hessische Mieterstromkampagne	Die hessische Mieterstromkampagne schließt an das Pilot-Förderprogramm „Mieterstrommodelle“ an. Ziel der Kampagne ist es, die Verbreitung von Mieterstrommodellen in Hessen zu erhöhen und ihre Umsetzung zu erleichtern. Hierfür wurden seit Beginn der Kampagne im November 2018 Geschäftsmodelle und Erfahrungen mit Mieterstromprojekten im Rahmen von Workshops, Pressemitteilungen und Veranstaltungen kommuniziert. Ein weiterer Fokus der Kampagne liegt auf einer Vernetzung der Akteure. Die hessische Mieterstromkampagne wird von der LEA im Auftrag des HMWEVW durchgeführt.
55	Hessenweites Solar-Kataster	Jedes der hessischen Dächer und jede Freifläche lässt sich seit dem 1. September 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 z. B. unter Berücksichtigung von Batteriespeichern die Wirtschaftlichkeit für unterschiedlichste Verbrauchsprofile. Zwischen 2018 und 2019 fanden weitere Optimierungen in Bezug auf die Bedienerfreundlichkeit statt. Bis Mitte 2022 haben über 500.000 Berechnungen über das Solar-Kataster stattgefunden. <a href="http://www.solarkataster.hessen.de">www.solarkataster.hessen.de</a>
56	Solarpaket	<p>Das Solarpaket wird als Maßnahmenbündel zur solaren Energienutzung verstanden, da die solare Wärmenutzung im Zusammenhang mit den Wärmewendeaktivitäten neben der Stromerzeugung ebenfalls von erheblicher Bedeutung ist. Das Paket ist ein Bündel aus Einzelmaßnahmen, die vor allem das Ziel haben, entsprechende Lösungen sichtbar zu machen und die Prozesse insgesamt zu unterstützen.</p> <p>Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Freiflächensolaranlagenverordnung (FSV): Mit Veröffentlichung der FSV im November 2018 ist es auch in Hessen möglich, Freiflächensolaranlagen in den benachteiligten Gebieten außerhalb der Natura2000-Gebiete zu entwickeln und für diese im Rahmen der Ausschreibungen nach dem EEG einen Vergütungsanspruch zu erlangen. 2020 wurden mit unterschiedlichen Beteiligten zwei Workshops durchgeführt.</li> <li>- Kommunales Infopaket: Kommunen können Informationsmaterialien für eine eigene Solarkampagne erhalten (Fertigstellung erfolgte im vierten Quartal 2020).</li> <li>- Förderangebote für innovative Solarenergiesysteme</li> </ul>
57	Aufbau einer Power-to-Gas-Anlage am HBFZ	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://www.iee.fraunhofer.de/de/projekte/suche/laufende/direktmethanisierung_ptg.html">https://www.iee.fraunhofer.de/de/projekte/suche/laufende/direktmethanisierung_ptg.html</a>
58	Mobilisierung, Aufbereitung und Verwertung holziger Biomasse in der ländlichen Region am Beispiel des Werra-Meißner-Kreises	<p>Der Werra-Meißner-Kreis möchte mit dem Projekt weitere Holzsegmente, wie Grüngut und Landschaftspflegeholz, zur Substitution fossiler Energien durch erneuerbare Brennstoffe erschließen. Die Projektphase I (Konzeptphase) ist abgeschlossen. Nähere Informationen unter: <a href="https://www.klimaschutznetz-wmk.de/holzige-biomasse">https://www.klimaschutznetz-wmk.de/holzige-biomasse</a></p> <p>Aktuell findet Projektphase II (Umsetzungsphase) statt, in welcher das erstellte Konzept zur Sammlung und Aufbereitung von holzigem Grüngut und Landschaftspflegeholz im Werra-Meißner-Kreis umgesetzt wird. Projektlaufzeit: Dezember 2017 bis August 2021.</p> <p>Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etablierung eines innovativen Gesamtsystems zur Erfassung und Verwertung von Grüngut und Landschaftspflegematerial in Kooperation mit der Abfallwirtschaft</li> <li>- Aufbau eines Landschaftsholz-Katasters und Landschaftsholz-Managements, dazu Beauftragung eines Landschaftsholz-Managers.</li> </ul>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
59	Förderung der energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe	<p>Förderung von automatisch beschickten Biomassefeuerungsanlagen (BMF), Beratung bei neuen oder bereits bestehenden Anlagen. Förderung von Nahwärmenetzen in Kombination mit geförderten BMF, Umsetzungskonzepten, Informationsmaterialien und -veranstaltungen, Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie Pilot- und Demonstrationsvorhaben zur weiteren Optimierung.</p> <p><a href="https://www.wibank.de/wibank/biomassefeuerungsanlagen-in-hessen/foerderung-von-biomassefeuerungsanlagen-in-hessen/312070">https://www.wibank.de/wibank/biomassefeuerungsanlagen-in-hessen/foerderung-von-biomassefeuerungsanlagen-in-hessen/312070</a></p>
60	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. Fahrzeugflottenprojekt</li> <li>- Förderprojekte in den Bereichen ÖPNV und stationäre Systeme</li> <li>- Entwicklung einer Hessischen Wasserstoffstrategie unter Beteiligung externer Stakeholder</li> <li>- Aufbau einer Landesstelle Wasserstoff bei der LandesEnergie-Agentur</li> </ul>
61	Nutzung der Erdwärme in Neubaugebieten und im Bestand	<p>Wärmepotenziale aus Geothermie werden in hessischen Siedlungen durch Erkundungsbohrungen ermittelt und eine praktisch verwertbare Information in Form von Geothermie-Steckbriefen allen Interessierten zur Verfügung gestellt. Es wurde ein Faktencheck Geothermie durchgeführt, dessen Ergebnisse auf der Homepage der LandesEnergie-Agentur Hessen einzusehen sind. Eine Studie zum Thema „Nutzung von erneuerbaren Energien zum Heizen und Kühlen im Bestandsbau“ wurde durchgeführt und ist veröffentlicht. Ein Rechtsgutachten „Oberflächennahe Geothermie: Möglichkeiten zur Vereinfachung und Beschleunigung des Zulassungsverfahrens“ mit dem Fokus auf die Darlegung der Zulassungspraxis in Hessen und bundesweit sowie mit Vorschlägen zur Verfahrensoptimierung wurde erstellt und ist auf der Homepage der LEA eingestellt.</p> <p>Im Auftrag des HMWEVW kooperiert die LEA mit der Stadt Frankfurt am Main, um mittels einer Bohrung den tiefen Untergrund der Stadt im Bereich des Rebstock-Geländes zu erkunden. Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie ist Partner und wird gemeinsam mit weiteren Akteuren Daten für die geologische Landesaufnahme gewinnen. Dazu wird die Forschungsbohrung bis in die geologische Schicht des Rotliegenden bis 800 Meter niedergebracht. Es sollen Erkenntnisse u. a über die gesteinsphysikalischen, hydrogeologischen, petrographischen und stratigraphischen Standortverhältnisse gewonnen werden.</p>
62	Kompetenznetzwerk Geothermie	<p>Seit dem Jahr 2017 widmet sich das ehemalige Kompetenznetzwerk Tiefengeothermie, jetzt Kompetenznetzwerk Geothermie, besetzt mit Vertretern aus Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft, der Aufgabe, die Nutzung der Erdwärme in Hessen voranzubringen. Dabei stehen Informationsveranstaltungen (z. B. das jährlich stattfindende Geothermie-Forum Hessen, Beiträge im Rahmen des Zukunftsforums Energiewende und Informationsveranstaltungen für Vereine und Verbände), Wissenstransfer, Vernetzung und der Abbau von Hemmnissen im Fokus.</p>
<b>Netzinfrastruktur</b>		
63	Intelligente Energienetze im Quartier	<p>Entwicklung und Förderung von Pilotprojekten zur Optimierung der erneuerbaren Energien im Stromnetz (u. a. Förderprojekt „Smart-Grid Lab“).</p>
64	Speichertechnologien – Studie und Unterstützung P & D	<p>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.</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
<b>Verkehr</b>		
65	Schiengüterverkehr: Gleisanschlussförderung	Am 18. Juni 2018 ist die neue Richtlinie zur Förderung für den Schienengüterverkehr des Landes Hessen (Rili SGV) in Kraft getreten. Die Richtlinie zur Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schienen ergänzt die Förderung des Bundes (Gleisanschlussförderrichtlinie). Gefördert werden Investitionen in Maßnahmen zur Neuerrichtung oder zum Erhalt von Schienengüterverkehr (Neuanlagen, Reaktivierung und Sanierung) sowie Untersuchungsgutachten.
66	Elektromobilität: Projektförderung	Seit 2015 fördert das HMWEVW F&E-Projekte sowie Pilotanwendungen im Bereich der Elektromobilität. Dafür stehen in den Haushaltsjahren 2021 und 2022 jeweils rund 5,1 Mio. Euro zur Verfügung.
67	Elektromobilität: E-Bus-Förderung	Seit Ende 2016 können sich die Verkehrsbetriebe in Hessen die Anschaffung von elektrisch angetriebenen Bussen und die dazugehörige Ladeinfrastruktur fördern lassen. Dafür stehen jährlich 5 Mio. Euro zur Verfügung. Weiterhin stehen Mittel zur Ausrüstung der Betriebshöfe der Busunternehmen mit Ladeinfrastruktur zur Verfügung.
68	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. Die Teststrecke auf einem Abschnitt der A5 ist fertig und 2019 begann der Testbetrieb der Oberleitungs-Lkw. Seit Mitte 2020 stehen alle fünf Test-Lkw zur Verfügung und sind in Kooperation mit lokalen Speditionen in Betrieb. Die Verlängerung der Teststrecke in Fahrtrichtung Süden um 7 Kilometer befindet sich in der Umsetzung. Gemeinsam mit Baden-Württemberg wird an einer Erweiterung des Vorhabens mit Bundesförderung als „Innovationskorridor Rhein-Main-Neckar für Nutzfahrzeuge mit klimafreundlichen Antrieben“ (INKA) gearbeitet.
69	Elektromobilität: Ladesäulenförderung	Das Land Hessen förderte von 2018 bis 2021 den Aufbau von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im öffentlichen Raum und beim Arbeitgeber. Dafür standen in den Jahren 2018 und 2020 über 4 Mio. Euro zur Verfügung. Im Jahr 2021 wurden Zuschüsse für die Aufstellung von 1.405 Normal- und 125 Schellladesäulen im öffentlichen Raum und auf Firmenparkplätzen bewilligt. Die Mittel summieren sich auf 4,8 Mio. Euro und stammen aus dem Neuen Hessenplan, der in diesem und im nächsten Jahr insgesamt 6,2 Mio. Euro für den Ausbau der Ladeinfrastruktur vorsieht. Der Zuschuss beträgt bis zu 40 Prozent. Gefördert werden neu anzuschaffende Schnell- und Normalladesäulen sowie Wallboxen aller Leistungsklassen auf Betriebsgeländen, Kundenparkplätzen und öffentlichen Parkflächen.
70	Elektromobilität: EFRE-Förderung	Mit EFRE-Mitteln für eine „nachhaltige urbane Mobilität“ wurde in der Förderperiode 2014-2021 die teilweise Umrüstung des Betriebshofs der Offenbacher Verkehrsbetriebe auf den Einsatz von E-Bussen sowie die Anschaffung von sieben E-Bussen gefördert. Für vergleichbare Vorhaben sowie die Errichtung von Mobilitätsstationen und die Beschaffung von Schienenfahrzeugen stehen auch in der EFRE-Förderperiode 2021-2028 Mittel zur Verfügung.
71	Fachzentrum Nachhaltige Urbane Mobilität	Mit der Einrichtung des Fachzentrums Nachhaltige Urbane Mobilität (FZ NUM) im House of Logistics & Mobility (HOLM) unterstützt das Land Hessen Kommunen, in denen Überschreitungen der Stickoxid-Grenzwerte gemessen werden. Zahlreiche Maßnahmen aus diesem Bereich, z. B. der Austausch von Dieselnissen durch E-Busse, dienen dabei auch dem Klimaschutz und der Energieeffizienz. Die Förderung erfolgt dabei i. d. R. durch den Bund.

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
72	Kompetenzzentrum „Klima- und Lärmschutz im Luftverkehr“	<p>Um den Luftverkehr unter Nachhaltigkeitsaspekten weiterzuentwickeln, wurde Anfang 2020 das Kompetenzzentrum „Klima- und Lärmschutz im Luftverkehr“, angesiedelt unter dem Dach der Hessen Trade &amp; Invest (HTAI) mit Sitz im House of Logistics &amp; Mobility (HOLM), aufgebaut.</p> <p>Kernaufgabe des Kompetenzzentrums ist es, in Zusammenarbeit mit Industriepartnern das Ziel einer Pilotanlage zur Herstellung von nachhaltig hergestellten synthetischen Kraftstoffen im Power-to-Liquid-Verfahren (PtL) in Hessen umzusetzen. Errichtet werden soll diese auf dem Betriebsgelände des Industrieparks Höchst. Mit Inbetriebnahme der Pilotanlage soll von 2023 an dort sukzessive jährlich bis zu 3.500 Tonnen eines Vorprodukts für synthetisches Kerosin produziert werden.</p> <p>Für F&amp;E-Zwecke wird das Kompetenzzentrum einen Teil der Anlage nutzen, um zu untersuchen, wie Schwankungen bei der Stromversorgung aus erneuerbaren Energien bei der Produktion von synthetischen Kraftstoffen abgepuffert werden können. Das Land unterstützt das Projekt mit bis zu 1,25 Mio. Euro als Kofinanzierung zur Bundesförderung.</p> <p>Gemeinsam mit und auf Initiative von Baden-Württemberg und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) soll eine Innovationsplattform zur Weiterentwicklung von strombasierten Kraftstoffen und fortschrittlichen Biokraftstoffen entstehen. Vorbehaltlich der Gewährung von Bundesmitteln im Rahmen des Förderaufrufs des BMDV zur „Förderung von Maßnahmen zur Entwicklung regenerativer Kraftstoffe“ unterstützt das Land die bundesweiten Netzwerkaktivitäten mit bis zu rund 190 Tsd. Euro. Aufgabe des Kompetenzzentrums bei „InnoFuels“ ist die Co-Leitung des Innovationsschwerpunkts „Luftverkehr“ gemeinsam mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Deutschen Lufthansa.</p>

# 12

Ausblick



## 12 Ausblick

Der Monitoringbericht mit seinen rund 100 Indikatoren in den verschiedenen Themenfeldern zum Stand der Umsetzung der Energiewende in Hessen untersteht einer laufenden Beobachtung und Überprüfung. Änderungen in der Statistik oder in den Datengrundlagen werden im Indikatorensystem berücksichtigt. Somit befindet sich das Monitoring in einem laufenden Prozess und wird auf Basis neuer Entwicklungen und Erkenntnisse stetig überarbeitet.

Im EEG 2021 wurde ein verstärktes, jährliches Monitoring zur Zielerreichung verankert. Dazu wurde gemäß § 97 EEG 2021 ein Kooperationsausschuss eingerichtet, der die Erfassung der Ziele der Länder zur Erreichung des Ziels nach § 1 Absatz 2 (Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch auf 65 Prozent bis 2030) und deren Umsetzungsstand koordiniert. In § 98 EEG 2021 ist auch festgelegt, dass die Bundesländer dem Sekretariat des Kooperationsausschusses jährlich über den Stand des Ausbaus der erneuerbaren Energien, insbesondere über den Umfang an Flächen, die in der geltenden Regional- und Bauleitplanung für Windenergie an Land festgesetzt wurden, über Planungen für neue Festsetzungen für die Windenergienutzung an Land in der Regional- und Bauleitplanung und über den Stand der Genehmigungen von Windenergieanlagen an Land berichten. Der Kooperationsausschuss wertet die Länderberichte aus und legt der Bundesregierung einen Bericht vor. Auf dessen Basis erstellt die Bundesregierung bis Jahresende einen Bericht darüber, ob die erneuerbaren Energien entsprechend der Zielvorgabe ausgebaut werden.

Um den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung weiter zu beschleunigen, haben Bundestag (7. Juli 2022) und Bundesrat (8. Juli 2022) eine weitere Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG 2023) beschlossen, die zu Teilen bereits am 29. Juli 2022 in Kraft getreten ist, z. B. die Abschaffung der EEG-Umlage für Stromkunden. Andere Regelungen, wie die Abschaffung der 70-Prozent-Kappungsregelung für Photovoltaik-Anlagen bis 25 Kilowatt, sollen ab 1. Januar 2023 nach beihilferechtlicher Zustimmung der EU-Kommission gelten.

Mit der Novelle des Hessischen Energiegesetzes (16. November 2022) wird das Ziel der Deckung des Energieverbrauchs von Strom und Wärme möglichst zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energiequellen zur Erreichung der Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 festgeschrieben und muss daher fünf Jahre früher als bisher geplant erreicht werden. Erstmals wird ein Flächenziel für Photovoltaik in Höhe von 1 Prozent der Landesfläche formuliert. Zukünftig sind für alle landeseigenen Gebäude und für neue

Parkplätze mit mehr als 50 Stellplätzen Photovoltaikanlagen vorgeschrieben. Die Mindestabstände zu den Nachbardächern werden für Photovoltaikanlagen deutlich reduziert. Neben der Pflicht zur kommunalen Wärmeplanung für Gemeinden ab 20.000 Einwohnern stellt das Gesetz auch klar, dass erneuerbare Energien im überragenden öffentlichen Interesse liegen und der öffentlichen Sicherheit dienen.

Eine weitere Neuerung stellt das im Rahmen des Sommerpakets beschlossene „Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1353)“ dar. Mit dem darin enthaltenen Windflächenbedarfsgesetz (WindBG) wird bis zum Jahr 2032 ein Anteil von 2 Prozent der Bundesfläche für Windenergie an Land zur Verfügung stehen. Ein Verteilungsschlüssel gibt für die Länder individuelle Flächenbeitragswerte bis Ende 2032 vor und legt bis Ende 2027 zu erreichende Zwischenziele fest. Eine erste Pflicht zur Berichterstattung durch die Länder besteht zum 31. Mai 2024.

Der Länderarbeitskreis Energiebilanzen (LAK) dient der Erstellung qualitativ hochwertiger und methodisch einheitlicher Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen der Bundesländer. Unter Berücksichtigung aktueller Entwicklungen wird zudem stets eine Vergleichbarkeit mit internationalen und bundesweiten Methoden angestrebt. Entsprechend standen umfangreiche Revisionen der Bilanzen zurück bis zum Berichtsjahr 2003 an, welche Mitte 2022 von den Ländern abgeschlossen wurden. In den folgenden Bereichen wurden Anpassungen durchgeführt: Brennholzverbrauch der privaten Haushalte und des GHD-Sektors, Netzverluste Strom und Zuordnung der Elektromobilität, Eigenverbrauch von Windenergieanlagen sowie CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Industrieprozessen (überarbeitete Berechnung anhand des neuesten Nationalen Inventarreports). Der LAK beschäftigt sich zudem mit Änderungs- und Ergänzungsbedarfen im Rahmen einer eventuell anstehenden Novelle des EnStatG. Wichtige Themen sind hier zum Beispiel die Erfassung und Bilanzierung von Wasserstoff, die Möglichkeit einer Tankstellenerhebung zur Abgabe von Mineralölprodukten, der Energieverbrauch der Haushalte und des GHD-Sektors sowie die Einbeziehung der Energiebilanzierung als Aufgabe der amtlichen Statistik.

Neue Ergebnisse der LAK-Energiebilanzen sowie der Änderungen des EEG 2021 bzw. EEG 2023 werden im kommenden Monitoringbericht und darüber hinaus aufgegriffen.

# Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

<b>Abbildung</b>	<b>Seite</b>
1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe 2003-2021 (in TWh).....	2
2 Indikatorensystem des hessischen Energiemonitorings.....	9
3 Basis und Datengrundlagen des hessischen Energiemonitorings.....	11
4 Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000-2021 (in PJ) .....	14
5 Indexentwicklung des PEV nach Energieträgern (Index 2000 = 100) .....	15
6 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000-2021 (in PJ).....	15
7 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren 2000-2021 (in PJ) .....	16
8 Entwicklung des Endenergieverbrauchs in der Industrie nach Energieträgern 2000-2021 (in PJ).....	18
9 Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen nach Energieträgern 2000-2021 (in PJ).....	18
10 Entwicklung des Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte nach Energieträgern 2000-2021 (in PJ).....	19
11 Entwicklung von Bruttostromverbrauch, -erzeugung und Stromaustauschsaldo 2000-2021 (in TWh).....	20
12 Entwicklung von Brutto- und Nettostromverbrauch 2000-2021 (in TWh, Anteilswerte in %).....	21
13 Stromverbrauch der privaten Haushalte pro Kopf 2000-2021 (in kWh).....	21
14 Entwicklung der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern 2000 bis 1. Halbjahr 2022 (in TWh, Anteilswerte in %).....	22
15 Entwicklung von Bruttoinlandsprodukt sowie temperaturbereinigtem Primär- und Endenergieverbrauch (Tber) 2000-2021 (Index 2000 = 100) .....	23
16 Entwicklung der gesamtwirtschaft- lichen temperaturbereinigten Primär- und Endenergieproduktivität 2000-2021 (Index 2000 = 100).....	24
17 Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen temperaturbereinigten Stromproduktivität 2000-2021 (Index 2000 = 100).....	24
18 Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes 2000-2021 (Index 2000 = 100) .....	25
19 Energie- und Stromintensität nach Industriebranchen in Hessen 2019 (in kWh je 1.000 Euro BWS).....	26
20 Anteile erneuerbarer Energieträger am Primärenergieverbrauch 2003-2021 (in %).....	30
21 Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe 2003-2021 (in TWh).....	31
22: Entwicklung des EEV von Strom, Wärme und Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien 2003-2021 (Index 2003 = 100).....	32
23 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2000 - 1. HJ 2022 (in TWh, Anteilswerte in %).....	33
24 Anteilsentwicklung hessischer erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch 2000-2021 (in %).....	34
25 Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2003-2021 (in TWh, Anteilswerte in %) .....	35
26 Kraftstoffverbrauch aus erneuerbaren Energien 2000-2021 (in TWh).....	36
27 Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme 2000-2021 (in PJ).....	39

28	Entwicklung des gebäuderelevanten und des gesamten Endenergieverbrauchs in Hessen 2000-2021 (in PJ, Anteilswerte in %) .....	42
29	Temperaturbereinigter EEV privater Haushalte für Raumwärme und Warmwasser (Index 2000 = 100) .....	42
30	Entwicklung fertiggestellter Wohnungen nach zur Heizung verwendeten primären Energiequellen in den Jahren 2011, 2016 und 2021 .....	46
31	Zubau von Erdwärmesonden-Anlagen in Hessen 2000-2021 (jährlich und kumuliert) .....	47
32	Brennholzverbrauch der privaten Haushalte 2000-2021 (in PJ) .....	47
33	Entwicklung des Fördervolumens der KfW für Neubau und Gebäudesanierung, Hessen und Deutschland 2008-2021 (Index 2008 = 100) .....	48
34	KfW-Förderung zur Steigerung der Energieeffizienz in Hessen 2008-2021 (in Mio. Euro) .....	49
35	Im Rahmen des MAP und der BEG durch das BAFA im Jahr 2021 geförderte Anlagen in Hessen .....	50
36	Windvorranggebiete in Hessen .....	61
37	Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2021 in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach Energieträgern (in MW) .....	64
38	Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten am 31.12.2021 nach erneuerbaren Energieträgern (in MW) .....	65
39	Erzeugte und eingespeiste Strommenge von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach Energieträgern 2021 (in GWh) .....	66
40	Erzeugte und eingespeiste Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten im Jahr 2021 nach erneuerbaren Energieträgern (in GWh) .....	67
41	Entwicklung der Nettostrom- und Nettowärmeerzeugung durch KWK-Anlagen 2003-2021 (in GWh) .....	70
42	In KWK-Anlagen installierte elektrische Leistung zur Stromerzeugung je 1.000 Einwohner zum 31.12.2021 nach hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten (in kW) .....	72
43	Stand der Vorhaben aus dem BBPIG und EnLAG zum 31.03.2022 .....	78
44	Hochspannungsleitungen und Engpassregionen in Deutschland 2021 .....	81
45	Investitionen in die Stromnetze in Deutschland 2010-2021 (in Mrd. Euro) .....	83
46	Versorgungsunterbrechungen (SAIDI) Strom nach Bundesländern 2020 (in min/Jahr) .....	84
47	Dauer von strombedingten Redispatchmaßnahmen auf den am stärksten betroffenen Netzelementen in Deutschland 2021 .....	86
48	SAIDI-Werte in den Bundesländern 2021 (in min/Jahr) .....	87
49	Entwicklung des SAIDI-Wertes für die deutschen Gasnetze 2006-2021 (in min/Jahr) .....	88
50	Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Verkehrsträgern 2000-2021 (in PJ, Anteilswerte in %) .....	94
51	Stromverbrauch für Mobilität von 2015 bis 2021 (Angaben in Terajoule) .....	94
52	Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Energieträgern 2000-2021 (in PJ) .....	95
53	Spezifischer Endenergieverbrauch im Verkehrssektor, Anzahl der Kraftfahrzeuge und der Einwohner (Index 2000 = 100) .....	96
54	Entwicklung der Anzahl von Personenkraftwagen mit Elektroantrieb und der Ladepunkte in Hessen 2010-2022 .....	101
55	Entwicklung der Treibhausgasemissionen 1990-2019* (in Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalente, Zusammensetzung nach Gasen in %) .....	106

56	Entwicklung der Treibhausgasemissionen (ohne Fluor-Gase) nach Quellgruppen 1990-2019 (in Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalente).....	107
57	Entwicklung der Treibhausgas- emissionen (einschließl. Fluor-Gase) pro Kopf und bzgl. BIP (Index 2000 = 100).....	107
58	Entwicklung der Treibhausgasemissionen (einschließl. Fluor-Gase) pro Kopf 2000-2019 (in t CO <sub>2</sub> -Äquivalente je Einwohner).....	108
59	Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Sektoren 2020 (in %) .....	109
60	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Sektoren 1990-2020 (Index 1990 = 100).....	109
61	Durch den Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Treibhausgasemissionen 2005-2021 (in Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalente).....	110
62	Entwicklung der Lebenshaltungskosten insgesamt und der Preise für Energieträger für private Haushalte in Deutschland 2000-2021 (nominal, einschließlich MwSt.; Index 2000 = 100).....	112
63	Entwicklung des Strompreises in Deutschland für Haushalte nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010, 2015 und 2019-2022 (in Cent je kWh).....	113
64	Preisentwicklung des Bruttoinlandsprodukts sowie der Ausgaben für Energie von Industrieunternehmen in Deutschland 2000-2021 (nominal, ohne MwSt.; Index 2000 = 100) .....	114
65	Entwicklung des Strompreises für Industrieunternehmen mit einem Jahresverbrauch von bis zu 20 GWh in Deutschland nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010, 2015 und 2019-2022 (in Cent je kWh).....	115
66	Verteilung der von der EEG-Umlage befreiten Abnahmestellen in Hessen nach Branchen 2021 (absolut und in %) .....	117
67	KWK-Index: Preisentwicklung für an der EEX für Deutschland gehandelten Grundlaststrom 2000-2021 (in Euro/MWh).....	117
68	Preisentwicklung energetischer Rohstoffeinfuhren in Deutschland 2000-2021 (nominal; Index 2000 = 100)...	118
69	Halbjahresentwicklung der Preise für CO <sub>2</sub> -Emissionen 1. Halbjahr 2010 bis 2. Halbjahr 2021 nach EU ETS (in Euro je t CO <sub>2</sub> ) .....	119
70	Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen nach Anlagearten in Hessen 2011-2021 (nominal, in Mio. Euro).....	120
71	Entwicklung der spezifischen Investitionskosten für Photovoltaik- und Windenergieanlagen in Hessen und im Bundesdurchschnitt 2011-2021 (in Euro je kW installierter Leistung).....	121
72	Investitionen hessischer Betriebe des Produzierenden Gewerbes zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien 2006-2019 (nominal, in Mio. Euro) .....	121
73	Beschäftigungsentwicklung in Energieversorgungsunternehmen in Hessen 2000-2021 .....	122
74	Förderung der Energieforschung in Hessen 2008-2020 (nominal, in Mio. Euro) .....	123

<b>Tabelle</b>	<b>Seite</b>
1 Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch in Hessen 2021 (in PJ, Anteilswerte in %).....	41
2 Nach Alter differenzierte Öl- und Gasfeuerungsanlagen 2015, 2020 und 2021 .....	44
3 Im Jahr 2021 fertiggestellte Wohngebäude und Wohnungen nach zur Heizung verwendeten primären und sekundären Energiequellen (Anzahl, Anteilswerte in %) .....	45
4 Bau- und Sanierungsförderung der KfW in Hessen 2021 .....	49
5 Jahresvolllaststunden nach Energieträgern im Jahr 2021 in Deutschland.....	54
6 Anzahl und installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2021 in Hessen nach Energieträgern .....	55
7 Neu in Betrieb genommene und stillgelegte erneuerbare Energieanlagen in Hessen sowie Netto-Zubau 2017 bis 1. Halbjahr 2022 (Anzahl).....	56
8 Neu in Betrieb genommene und stillgelegte Leistung sowie Leistungsänderung und Netto-Zubau von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen 2017 bis 1. Halbjahr 2022 (in MW) .....	56
9 Gebote und Zuschläge von hessischen Photovoltaikanlagen im Rahmen von Ausschreibungen von Solaranlagen .....	58
10 Jährliche Genehmigungen von Windenergieanlagen in Hessen 2018 bis 2021 .....	59
11 Gebote und Zuschläge von hessischen Windenergieprojekten im Rahmen der Ausschreibungen von Windenergie an Land.....	59
12 Schätzung der eingespeisten Strom-mengen von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen nach Energieträgern 2021 (in GWh) .....	62
13 Die fünf Landkreise mit dem größten Ausbau elektrischer Leistung von erneuerbaren Energieanlagen 2021 .....	68
14 Anzahl und installierte elektrische Leistung konventioneller Energieanlagen $\geq 10$ MW in Hessen nach Energieträgern, 2021 .....	69
15 Anzahl sowie elektrische und thermische Leistung der KWK-Anlagen in Hessen zum 31.12.2021 nach Leistungskategorie .....	71
16 Merkmale der durch Hessen laufenden Vorhaben aus dem BBPIG zum 30.06.2022 .....	76
17 Merkmale der in Hessen verlaufenden Vorhaben nach EnLAG zum 30.06.2022 .....	79
18 Fernwärmenetze in Hessen: Trassenlänge, Haushaltsübergabestationen, Leistung und nutzbare Wärmeabgabe 2012-2020 .....	91
19 Fahrleistungen mautpflichtiger Lkw auf hessischen Autobahnen 2021.....	97
20 Fahrleistungen mautpflichtiger Lkw nach Schadstoffklasse und Achsklasse 2021 (in 1.000 km) .....	98
21 Personenkraftfahrzeuge in Hessen nach Antriebsarten zum Jahresbeginn 2010 und 2022 sowie im Vorjahresvergleich.....	99
22 Anträge auf Umweltbonus beim BAFA aus Hessen.....	100
23 Bestand an Elektro- und Hybrid-Pkw, öffentlichen und privaten Ladesäulen in den hessischen Regionen.....	102
24 Besondere Ausgleichsregelung: privilegierte Strommengen nach Bundesländern 2010-2021.....	116
25 Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung in Hessen (nominal, in Mio. Euro) .....	120
26 Anzahl der in Hessen 2021 und 2022 neu bewilligten Förderprojekte nach Fördersumme (nominal, in Euro) ..	124
27 Anzahl der Patente im Bereich erneuerbarer Energien in den Bundesländern 2011-2020 .....	126

## Abkürzungsverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
AGFW	Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAG	Bundesamt für Güterverkehr
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BauGB	Baugesetzbuch
BBPlG	Bundesbedarfsplangesetz
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BKartA	Bundeskartellamt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMJ	Bundesministerium der Justiz
BNetzA	Bundesnetzagentur
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
BWS	Bruttowertschöpfung
CENA	Kompetenzzentrum Klima- und Lärmschutz im Luftverkehr (Centre of Competence for Climate, Environment and Noise Protection in Aviation)
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEV	Endenergieverbrauch
EEV1	Enhanced Environmentally Friendly Vehicle
EEX	European Energy Exchange
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
EinsMan	Einspeisemanagement
EnLAG	Energieleitungsausbaugesetz
EnStatG	Energiestatistikgesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ETS	Europäischer Emissionshandel (Emissions Trading System)
EU	Europäische Union
EY	Ernst & Young GmbH

F-Gas	Fluorierte Treibhausgase
FKW	Perfluorierte Kohlenwasserstoffe
FLM	Freileitungsmonitoring
GDEW	Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende
ggü.	gegenüber
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher
GWh	Gigawattstunde
GWS	Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung
HA	HA Hessen Agentur GmbH
HEG	Hessisches Energiegesetz
HFKW	Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
HMUKLV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
HMWEVW	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen
HMWK	Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst
HOLM	House of Logistics and Mobility
HSL	Hessisches Statistisches Landesamt
HTAI	Hessen Trade & Invest GmbH
IEE	Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft 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
LBIH	Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen
LDEW	Landesverband der Energie- und Wasserwirtschaft Hessen / Rheinland-Pfalz e. V.
LEA	LandesEnergieAgentur Hessen GmbH
Lkw	Lastkraftwagen
LOEWE	Landes-Offensive zur Entwicklung wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz
MAP	Marktanreizprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt
MaStR	Marktstammdatenregister
min	Minuten
Mio.	Million
MsbG	Gesetz über den Messstellenbetrieb und die Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen

MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz
NAPE	Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz
NECP	National Energy and Climate Plan
NEP	Netzentwicklungsplan
NF <sub>3</sub>	Stickstofftrifluorid
NKS Energie	Nationale Kontaktstelle Energie
N <sub>2</sub> O	Distickstoffoxid (Lachgas)
ORC	Organic Rankine Cycle
PCI	Vorhaben von gemeinsamem Interesse (engl.: Projects of Common Interest)
PEV	Primärenergieverbrauch
PJ	Petajoule
Pkw	Personenkraftwagen
PMK	Partikelminderungsklassen
ppm	parts per million (Anteile pro Million)
PtJ	Projektträger Jülich
PtL	Power-to-Liquid-Verfahren
PTS	Phasenschieber-Transformator
PV	Photovoltaik
RMV	Rhein-Main-Verkehrsverbund
SAIDI	System Average Interruption Duration Index
SF <sub>6</sub>	Schwefelhexafluorid
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
SUN	Stadtwerke Union Nordhessen GmbH & Co. KG
t	Tonnen
Tber	Temperaturbereinigt
THE	Trading Hub Europe
THG	Treibhausgase
TJ	Terajoule
TWh	Terawattstunde
UBA	Umweltbundesamt
UNFCCC	Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (United Nations Framework Convention on Climate Change)
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
VNB	Verteilnetzbetreiber
VGRdL	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder
WindBG	Windenergieflächenbedarfsgesetz
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  $3.600.000 \text{ J} = 1.000 \text{ W} \cdot 3.600 \text{ s} = 1.000 \text{ W} \cdot 1 \text{ h} = 1.000 \text{ Wh} = 1 \text{ kWh}$ .

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

<b>Anpassungsmaßnahmen</b>	Anpassungen von Stromeinspeisungen und / oder Stromabnahmen auf Verlangen des Netzbetreibers, wenn andere Maßnahmen nicht ausreichen, ohne Entschädigung.
<b>Arbeitsgasvolumen</b>	Das Arbeitsgasvolumen von Untertage-Gasspeichern ist das tatsächlich nutzbare Speichervolumen, das ein- oder ausgelagert wird.
<b>Biogas</b>	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.
<b>Biomasse</b>	<p>Biomasse ist der Oberbegriff für alle Stoffe organischer Herkunft, die ihr Wachstum letztlich der Nutzung der Solarenergie verdanken. Es kann unterschieden werden zwischen</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• den in der Natur lebenden Pflanzen und Tieren,</li><li>• deren Rückständen (z. B. abgestorbene Pflanzen wie Stroh) und Nebenprodukten (z. B. Exkremente wie Gülle),</li><li>• 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).</li></ul>
<b>Biokraftstoff</b>	Aus Biomasse gewonnener Kraftstoff für den Betrieb von Verbrennungsmotoren (z. B. in Fahrzeugen oder Blockheizkraftwerken) oder Heizungen. Zu Biokraftstoffen zählen Biodiesel, Bioethanol, Biomethan (aus Biogas), reine Pflanzenöle und die synthetischen Biomass-to-Liquid-Kraftstoffe.
<b>Blindleistung</b>	Damit Strom im Wechselstromnetz fließen kann, muss ein Magnetfeld auf- und abgebaut werden. Weil die Leistung zum Aufbau eines Feldes bei dessen Abbau wieder ans Netz zurückgegeben wird, bezeichnet man diese Leistung als Blindleistung. Sie verrichtet keine nutzbare Arbeit, wird aber für den Aufbau der Spannung benötigt. Durch Blindleistung erfolgt – im Gegensatz zur Wirkleistung – kein Energietransport von A nach B.
<b>Blockheizkraftwerk</b>	Ein Blockheizkraftwerk ist eine Anlage zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme eher geringerer Leistung nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung. Die ausgekoppelte Wärme wird direkt in der Liegenschaft verbraucht oder über ein Nahwärmenetz an Verbraucher in räumlicher Nähe verteilt. Der nicht vor Ort verbrauchte Strom kann in das öffentliche Netz eingespeist werden.
<b>Bruttobeschäftigung</b>	Bruttobeschäftigung bezeichnet die Zahl der Beschäftigten, die z. B. 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.

<b>Bruttostromerzeugung / Nettostromerzeugung</b>	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>Countertrading- Maßnahmen</b>	Countertrading-Maßnahmen verfolgen das Ziel, Engpässe zwischen zwei Gebotszonen zu beheben. Dabei findet kein konkreter Eingriff in die Kraftwerkseinsätze statt, vielmehr wird über gezielte, gebotszonenübergreifende Handelsgeschäfte versucht, den Engpass auf der Grenzkuppelleitung zu entlasten.
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	Das CO <sub>2</sub> -Äquivalent ist eine einheitliche Bemessungsgrundlage, um eine Vergleichbarkeit der Klimawirksamkeit von Treibhausgasen zu ermöglichen. Hierbei wird das globale Erwärmungspotenzial von Treibhausgasen über einen bestimmten Zeitraum (in der Regel 100 Jahre) in Relation zur mittleren Erwärmungswirkung von CO <sub>2</sub> gestellt. Die Angabe erfolgt in der Regel in Gramm CO <sub>2</sub> pro Kilowattstunde bereitgestellter Energie (g CO <sub>2</sub> /kWh).
<b>EEG</b>	Das Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (Kurzfassung: Erneuerbare-Energien-Gesetz, „EEG“) 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. Das EEG trat erstmals im Jahr 2000 in Kraft und wurde mehrmals angepasst.
<b>EEG-Umlage</b>	Durch die Abgabe nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz – kurz EEG-Umlage genannt – werden die Mehrkosten für die Vergütung von Strom aus erneuerbaren Energieanlagen nach dem EEG auf die Stromletztverbraucher verteilt. Die Höhe der EEG-Umlage ergibt sich aus der Differenz zwischen der zu zahlenden EEG-Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Energieanlagen und dem beim Verkauf durch die Übertragungsnetzbetreiber an der Börse erzielten Strompreis („Differenzkosten“).
<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>Energieverbrauch</b>	Der Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe umfasst den 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 Literaturliste: HSL 2021 / HSL 2022b).
<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 auch 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 Kraftstoff benötigt wird. Energie einsparen lässt sich aber auch durch ein verändertes Nutzerverhalten, zum Beispiel durch die Reduktion der Geschwindigkeit oder den Umstieg auf ein anderes Verkehrsmittel wie beispielsweise das Fahrrad.
<b>Energieintensität</b>	Das Verhältnis des Energieverbrauchs (z. B. des Primär- oder Endenergieverbrauchs) zum Bruttoinlandsprodukt oder zur Bruttowertschöpfung einer Volkswirtschaft. Auch für kleinere Bereiche oder einzelne Güter lässt sich die Energieintensität berechnen. 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.
<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. 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-Sektor</b>	Diese statistische Zuordnung umfasst 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>	Geothermische Energie wird auch als Erdwärme bezeichnet. Erdwärme ist eine Form gespeicherter Energie unterhalb der Erdoberfläche. Unter Geothermie versteht man die technische Ausnutzung dieser natürlichen Wärmequelle zur Energiegewinnung (Wärme und Strom). Von Tiefengeothermie, die zum Teil auch eine Erzeugung von Strom ermöglicht, spricht man bei der Nutzung von Wärme aus Tiefen zwischen 400 und 7.000 Metern. Die in der Regel durch Wärmepumpen erfolgende Nutzung von Erdwärme oder Grundwasser als Wärmequelle bis zu einer Tiefe von 400 Meter wird oberflächennahe Geothermie genannt.
<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>Horizon 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 (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)-Sicherheit</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 (z. B. ein Transformator oder ein Stromkreis) ausfällt oder abgeschaltet wird. Das heißt, es darf 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.
<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>Netzbooster</b>	Innovatives Konzept zur Höherauslastung des Übertragungsnetzes. Durch eine reaktive Netzbetriebsführung sollen damit Kosten für Redispatchmaßnahmen eingespart werden.
<b>ORC</b>	Der Organic Rankine Cycle ist ein Verfahren des Betriebs von Dampfturbinen mit einem anderen Arbeitsmedium als Wasserdampf, wie z. B. brennbaren Gasen oder Silikonöl.
<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>	Die in der Entwicklung befindliche Power-to-Gas-Technologie soll in der Regel mit erneuerbarem Überschussstrom durch Wasserelektrolyse Wasserstoff und durch eine weitere optionale Reaktion mit CO <sub>2</sub> synthetisches Methan herstellen. Beide Gase können vor Ort gespeichert sowie, bei Wasserstoff in begrenztem Umfang, in das Erdgasnetz eingespeist werden. Das Erdgasnetz kann dann sowohl der Verteilung als auch der Speicherung der Gase dienen, sodass sie bei Bedarf entweder als Brennstoff zur Strom- und Wärmeversorgung oder als Kraftstoff genutzt werden können. Der Umwandlungszyklus ist allerdings mit erheblichen Energieverlusten behaftet.
<b>Power-to-Liquid</b>	Power-to-Liquid bezeichnet Technologien zur Umwandlung bzw. Synthese von Strom in Kraftstoffe. Dabei wird Wasserstoff, der aus dem Power-to-Gas-Verfahren gewonnen wird, in einem nachfolgenden Prozessschritt verflüssigt. Es wird gemeinsam mit Kohlenstoffdioxid zu flüssigen Kohlenwasserstoffen oder Kerosin synthetisiert. Die Entwicklung dieser Technologien befindet sich noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium.
<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, Biomasse, 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 (z. B. Rohöl für die Kunststoffindustrie).

- Primärenergieverbrauch** Der Primärenergieverbrauch ist die in den eingesetzten Energieträgern, die noch keiner Umwandlung unterworfen wurden (z. B. Steinkohle, Braunkohle, Rohöl oder Erdgas), gebundene Energiemenge. Er wird als Summe aus der Gewinnung im Inland, den Bestandsveränderungen sowie dem Handelssaldo gebildet.
- Redispatchmaßnahmen** 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. Was den Einsatz von Redispatch anbetrifft, kann zwischen strom- und spannungsbedingten 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.
- Reservekraftwerke** Einsatz von Kraftwerken zur Beschaffung fehlender Redispatchleistung aus der Netzreserve nach vertraglicher Vereinbarung unter Erstattung der Kosten.
- SAIDI-Wert** Der 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, Einwirkungen Dritter, Rückwirkungen aus anderen Netzen oder 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.

## Schadstoffklassen

Schadstoffklassen gemäß Bundesfernstraßenmautgesetz						
Schadstoffklasse	Kategorie					
	A	B	C	D	E	F
Schadstoffklasse	S6	S5, EEV Klasse 1	S3 mit PMK*, S4	S2 mit PMK*, S3	S2	S1, keine SSK
Euro-Schadstoffklasse	Euro 6	Euro 5, EEV1	Euro 3 + PMK*, Euro 4	Euro 2 + PMK*, Euro 3	Euro 2	Euro 1, Euro 0

\* PMK – Partikelminderungsklassen sind Nachrüstungsstandards zur Senkung des Partikelausstoßes. Für Kategorie D wird die PMK 1 oder höher, für Kategorie C die PMK 2 oder höher benötigt.

<b>Sektorenkopplung</b>	Ziel der Sektorenkopplung ist es, die Durchlässigkeit für Energieflüsse zwischen den Sektoren Strom, Wärme und Mobilität zu erhöhen. Zum Beispiel können überschüssige Strommengen aus der Einspeisung von Wind- und Solarstrom durch Power-to-Gas- und Power-to-Liquid-Technologien gespeichert und in den Anwendungssektoren Wärme und Mobilität genutzt werden.
<b>Selbstverbrauch</b>	Selbstverbrauch oder Eigenverbrauch ist die von einer Energieanlage erzeugte elektrische Energie, die vom Betreiber der Energieanlage selbst verbraucht wird, ohne dass es zu einer Einspeisung in das Stromnetz kommt.
<b>Smart Grid</b>	Intelligentes Stromnetz
<b>Smart Meter</b>	Intelligente Messsysteme
<b>Smart-Meter-Gateway</b>	Zentrale Kommunikationseinheit eines intelligenten Messsystems, das die Messeinrichtungen mit den verschiedenen Marktteilnehmern verbindet.
<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 anstelle von elektrischem Strom als Antriebsenergie für Kältemaschinen, wie etwa einer 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. 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 eingesetzten Stroms erzeugt werden und ist somit der Kehrwert der Stromintensität.
<b>Trading Hub Europe</b>	Die THE ist eine Tochtergesellschaft von elf Ferngasnetzbetreibern und betreibt als Marktgebietsverantwortlicher das deutsche Marktgebiet. Hauptaufgaben sind Regelenergiemanagement, Bilanzkreismanagement und Betrieb des virtuellen Handelspunktes. Die THE führt seit der Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes bei Bedarf Maßnahmen zur Befüllung von Gasspeichern durch.
<b>Treibhausgasbilanz</b>	Die Treibhausgasbilanz für das Land Hessen basiert ausschließlich auf modellhaften Berechnungen. Es werden keine Messwerte von Emittenten, wie Kraftwerken, Anlagen oder Fahrzeugen, herangezogen. Die Ermittlung der emittierten Schadstoffmengen erfolgt auf der Grundlage eines Berechnungsmodells, welches sich auf die durch menschliches Handeln (Wirtschaft, Konsum) verursachten Schadstoffeinträge konzentriert. Die CO <sub>2</sub> -Bilanzierung erfolgt für Emissionen, die bei der Energieerzeugung entstehen (energiebedingte Emissionen) und Emissionen, die durch Produktionsprozesse freigesetzt werden (prozessbedingte Emissionen). Grundlage für die energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen ist die Energiebilanz des Landes, die vom Hessischen Statistischen Landesamt jährlich erstellt wird. Um prozessbedingte Emissionen abbilden zu können, werden zusätzlich die Emissionsmengen aus ausgewählten Produktionsprozessen berechnet. Für beide Berechnungsfelder

werden die Methoden des Länderarbeitskreises Energiebilanzen angewandt. Die Berechnung der CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen erfolgt im Rahmen der umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder nach der dort festgelegten, für alle Bundesländer einheitlichen Methode. Für weitergehende methodische Erläuterungen siehe HMUKLV 2019.

**Treibhausgas-  
minderungsquote**

Seit dem Jahr 2015 orientieren sich die Beimischungen von Biokraftstoffen nicht mehr an einem Mengenziel, sondern sie werden über ein Treibhausgasminderungsziel berechnet. Für 2015 wurde eine Treibhausgasminderungsquote von 3,5 Prozent festgelegt. Diese wurde ab dem Jahr 2017 auf 4 und Anfang 2020 auf 6 Prozent erhöht. Mit dem im Bundestag am 21. Mai 2021 verabschiedeten Gesetz zur Weiterentwicklung der Treibhausgasminderungsquote wurden weitere Erhöhungsschritte festgelegt: von 7 Prozent ab 2022 stufenweise bis auf 25 Prozent im Jahr 2030. Die Treibhausgasminderungsquote kann allerdings nicht nur durch Biokraftstoffe, sondern auch durch Anrechnung von grünem Wasserstoff oder Strom für Elektrofahrzeuge erfüllt werden. Um den Aufbau der Ladeinfrastruktur für elektrisch betriebene Fahrzeuge zu unterstützen, wird der Strom, der in Elektrofahrzeugen genutzt wird, mit dem Dreifachen seines Energiegehaltes für die Erfüllung der Treibhausgasminderungsquote angerechnet (Umweltbundesamt 2022). Die Einhaltung der Quote wird vom Hauptzollamt Frankfurt/Oder überprüft.

**Volllaststunden**

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.

**Wasserkraft**

Energie, die mithilfe 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.

**Wirkungsgrad**

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.

## Literatur- und Quellenverzeichnis

### AGEB (2022)

Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2021, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V., Berlin, Februar 2022, [https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/03/AGEB\\_Jahresbericht2020\\_20220325\\_dt.pdf](https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/03/AGEB_Jahresbericht2020_20220325_dt.pdf), abgerufen am 10.06.2022.

### AGEB (2018)

Zusammenfassung der Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren von 2013 bis 2018, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V., Berlin, 2018, <http://www.ag-energiebilanzen.de/8-0-Anwendungsbilanzen.html>, abgerufen am 15.05.2018.

### AGEB (2016)

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.

### AGEE-Stat (2022)

Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland (Stand: Februar 2022), Berlin, 2022, [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare\\_Energien\\_in\\_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html), abgerufen am 22.06.2022.

### AGEE-Stat (2016)

Datenquellen und Methodik der AGEE-Stat-Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Stromerzeugung und installierte Leistung, Dessau-Roßlau, 2016.

### AGFW (2022)

Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V., Frankfurt am Main, <https://www.agfw.de/strategien-der-waermewende/perspektive-der-fw-7070-4040>, abgerufen am 15.06.2022.

### AGFW (2021)

AGFW-Hauptbericht 2020, Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V., Frankfurt am Main, August 2021, [https://www.agfw.de/securedl/sdl-eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJpYXQiOiJlM2NTUyNzQ2OTksImV4cCI6MTY1NTM2NDY5OSwidXNlciI6MCwiZ3JvZXZlIjpbMCwtMV0sImZpbGUiOiJmaWxlYWRtaW5cL3VzZXJfdXBsb2FkXC9aYW5kZW5kdW5kXlN0YXRpc3Rpa2VuXC9WZXJzaW9uXzFjSEIyMDIwLnBkZiIsInBhZ2UiOiJQzNn0.Au0WlJ54R8\\_RuVIV0s3Z77Mt8XbFOCaBufeclh4MRYI/Version\\_1\\_HB2020.pdf](https://www.agfw.de/securedl/sdl-eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJpYXQiOiJlM2NTUyNzQ2OTksImV4cCI6MTY1NTM2NDY5OSwidXNlciI6MCwiZ3JvZXZlIjpbMCwtMV0sImZpbGUiOiJmaWxlYWRtaW5cL3VzZXJfdXBsb2FkXC9aYW5kZW5kdW5kXlN0YXRpc3Rpa2VuXC9WZXJzaW9uXzFjSEIyMDIwLnBkZiIsInBhZ2UiOiJQzNn0.Au0WlJ54R8_RuVIV0s3Z77Mt8XbFOCaBufeclh4MRYI/Version_1_HB2020.pdf), abgerufen am 15.06.2022.

### BAFA (2022a)

Zulassung von KWK-Anlagen mit Inbetriebnahme ab 2009 nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) in Hessen, Sonderauswertung, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, März 2022, unveröffentlicht.

### BAFA (2022b)

Elektromobilität (Umweltbonus) Zwischenbilanz zum Antragstand vom 01.05.2022, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2022, [https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/e-mob\\_zwischenbilanz.pdf](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/e-mob_zwischenbilanz.pdf), abgerufen am 23.06.2022.

### BAFA (2022c)

Sonderauswertung über die in Hessen geförderten Anlagen im Rahmen des Marktanzreizprogramms und der Bundesförderung effiziente Gebäude im Jahr 2021, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2022, unveröffentlicht.

### BAFA (2022d)

Besondere Ausgleichsregelung, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2022, [https://www.bafa.de/DE/Energie/Besondere\\_Ausgleichsregelung/Hintergrundinformationen/hintergrundinformationen\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Besondere_Ausgleichsregelung/Hintergrundinformationen/hintergrundinformationen_node.html), abgerufen am 22.03.2022.

### BAFA (2022e)

Rohöl; Erdgas; Steinkohlestatistik 2021, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2022, [https://www.bafa.de/DE/Energie/Rohstoffe/rohstoffe\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Rohstoffe/rohstoffe_node.html), abgerufen am 22.03.2022.

### BAFA (2020)

Neue Energie für das Neue Jahr! BAFA startet Januar 2021 mit Umsetzung der BEG Einzelmaßnahmen, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2020, [https://www.bafa.de/SharedDocs/Kurz-meldungen/DE/Energie/Heizen\\_mit\\_Erneuerbaren\\_Energien/20201214\\_beg.html](https://www.bafa.de/SharedDocs/Kurz-meldungen/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/20201214_beg.html), abgerufen am 22.03.2022.

### BAFA (2019)

Zulassung von KWK-Anlagen nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) in Hessen, Sonderauswertung, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, Mai 2019, unveröffentlicht.

### BAG (2022)

Mautdaten Bund, 01.2021-12.2021, Bundesamt für Güterverkehr, Köln, 2022, [https://www.bag.bund.de/DE/Navigation/Verkehrsaufgaben/Statistik/statistik\\_node.html](https://www.bag.bund.de/DE/Navigation/Verkehrsaufgaben/Statistik/statistik_node.html), abgerufen am 10.03.2022.

**BASt (2022)**

Maut, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2022, [https://www.bast.de/BASt\\_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-maut.html](https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-maut.html), abgerufen am 10.03.2022.

**BDEW (2022a)**

Jahresvolllaststunden 2020/21, gesamte Elektrizitätswirtschaft, Kraftwerke im Markt, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 2022, [https://www.bdew.de/media/documents/Jahresvolllaststunden\\_2020\\_2021\\_o\\_online\\_jaehrlich\\_Ba\\_09062022.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Jahresvolllaststunden_2020_2021_o_online_jaehrlich_Ba_09062022.pdf), abgerufen am 23.06.2022.

**BDEW (2022b)**

BDEW-Strompreisanalyse Juli 2022, Haushalte und Industrie, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 2022, <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/>, abgerufen am 31.08.2022.

**BDEW (2022c)**

Wasserstoff, Pressemappe, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 2022, <https://www.bdew.de/presse/pressemappen/wasserstoff-faq/#:~:text=Das%20deutsche%20Gasnetz%20ist%20rund,auch%20f%C3%BCr%20Wasserstoff%20genutzt%20werden.&text=6%2C5%20Mio.,bestehende%20Gasnetz%20eingespart%20werden%20k%C3%B6nnen>, abgerufen am 15.06.2022.

**BDEW (2022d)**

Die Energieversorgung 2021 – Jahresbericht –, 19. Januar 2022 – korrigiert, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 2022, [https://www.bdew.de/media/documents/Jahresbericht\\_2021\\_UPDATE\\_Juni\\_2022.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Jahresbericht_2021_UPDATE_Juni_2022.pdf), abgerufen am 01.08.2022.

**BDEW (2021)**

Presseinformation des BDEW vom 09.07.2021 zur Ladeinfrastruktur für Elektromobilität in Deutschland, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 2021, <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/ladeinfrastrukturausbau-kommt-in-der-flaeche-an-berlin-wolfsburg-zwickau-und-schwieberdingen-sind-spitzenreiter/>, abgerufen am 12.07.2021.

**BearingPoint / Fraunhofer IEE (2018)**

Verteilnetzstudie Hessen 2024-2034, Studie im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung, Frankfurt / Kassel, 2018.

**BMJ (2022)**

Gesetz über den Bundesbedarfsplan (Bundesbedarfsplangesetz - BBPlG), Bundesministerium der Justiz, Bundesamt für Justiz, 2022, <https://www.gesetze-im-internet.de/bbplg/BJNR254310013.html>, abgerufen am 08.09.2022

**BMWE (2019)**

Notfallplan Gas für die Bundesrepublik Deutschland [https://www.bmww.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/notfallplan-gas-bundesrepublik-deutschland.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=9](https://www.bmww.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/notfallplan-gas-bundesrepublik-deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=9), abgerufen am 30.06.2022.

**BMWK (2022a)**

Energiedaten, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Binaer/Energiedaten/energiedaten-gesamt.xls.html>, abgerufen am 15.06.2022.

**BMWK (2022b)**

Das Deutsche Stromnetz, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, <https://www.bmww.de/Redaktion/DE/Dossier/netze-und-netzausbau.html#:~:text=Die%20Stromkreis%3%A4nge%20der%20%C3%9Cbertragungsnetze%20betr%3%A4gt%20rund%2037.000%20Kilometer.>, abgerufen am 24.06.2022.

**BMWK (2022c)**

Bundestag beschließt erste wichtige Säulen des „Osterpakets“: Netzausbau wird beschleunigt und Verbraucherrechte werden gestärkt, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, Pressemitteilung vom 24.06.2022, <https://www.bmww.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/06/20220624-bundestag-beschliesst-erste-wichtige-saeulen-des-osterpakets.html>, abgerufen am 29.06.2022.

**BMWK (2022d)**

Erdgasversorgung in Deutschland, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, <https://www.bmww.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/gas-erdgasversorgung-in-deutschland.html>, abgerufen am 29.06.2022.

**BMWK (2022e)**

Bundesbericht Energieforschung 2022: Forschungsförderung für die Energiewende, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, [https://www.bmww.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesbericht-energieforschung-2022.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=28](https://www.bmww.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesbericht-energieforschung-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=28), abgerufen am 16.06.2022.

**BMWK (2022f)**

Gasspeichergesetz – Versorgungssicherheit durch volle Gasspeicher, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/220325\\_faktenpapier\\_gasspeichergesetz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/220325_faktenpapier_gasspeichergesetz.pdf?__blob=publicationFile&v=8), abgerufen am 30.06.2022.

**BMWK (2022g)**

Änderung des Energiesicherungsgesetzes. Sichere Energieversorgung – auch in Krisenzeiten, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/06/20220619-habeck-wir-starken-die-vorsorge-weiter.html>, abgerufen am 30.06.2022.

**BMWK (2022h)**

Pressemitteilung, Habeck: Wir stärken die Vorsorge weiter und ergreifen zusätzliche Maßnahmen für weniger Gasverbrauch, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/krieg-in-der-ukraine/energiesicherheit-2027654>, abgerufen am 30.06.2022.

**BMWK (2022i)**

Zweiter Fortschrittsbericht Energiesicherheit, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0501\\_fortschrittsbericht\\_energiesicherheit.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0501_fortschrittsbericht_energiesicherheit.pdf?__blob=publicationFile&v=4), abgerufen am 30.06.2022.

**BMWK (2022j)**

Pressemitteilung vom 28.07.2022, Bundeswirtschaftsministerium stärkt weiter die Vorsorge für den Winter: Ministerverordnung zu Erhöhung der Speichervorgaben tritt morgen in Kraft, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/07/20220728-bundeswirtschaftsministerium-staerkt-weiter-die-vorsorge-fuer-den-winter.html>, abgerufen am 01.08.2022.

**BMWK (2022k)**

Fahrplan für die weitere Digitalisierung der Energiewende, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/fahrplan-fuer-die-weitere-digitalisierung-der-energiewende.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=10](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/fahrplan-fuer-die-weitere-digitalisierung-der-energiewende.pdf?__blob=publicationFile&v=10), abgerufen am 04.08.2022.

**BMWK (2022l)**

Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare\\_Energien\\_in\\_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html), abgerufen am 15.06.2022.

**BNetzA (2022a)**

Marktstammdatenregister, Bundesnetzagentur, Bonn, August 2022, <https://www.marktstammdatenregister.de>, abgerufen am 02.08.2022.

**BNetzA (2022b)**

Kraftwerksliste Bundesnetzagentur (bundesweit; alle Netz- und Umspannebenen), Stand: 31.05.2022, Bundesnetzagentur, Bonn, Mai 2021, [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 15.06.2022.

**BNetzA (2022c)**

Kraftwerksliste Bundesnetzagentur zum erwarteten Zu- und Rückbau 2022 bis 2025, Stand: 31.05.2022, Bundesnetzagentur, Bonn, Mai 2022 [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 15.06.2022.

**BNetzA (2022d)**

Beendete Ausschreibungen Windenergie an Land, Bonn, Juni 2022, [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Wind\\_Onshore/BeendeteAusschreibungen/start.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Wind_Onshore/BeendeteAusschreibungen/start.html), abgerufen am 15.06.2022.

**BNetzA (2022e)**

Monitoring des Stromnetzausbaus, Erstes Quartal 2022, Bundesnetzagentur, Bonn, Juni 2022, [https://data.netzausbau.de/Vorhaben/Monitoring/Monitoringbericht\\_Q1-22.pdf](https://data.netzausbau.de/Vorhaben/Monitoring/Monitoringbericht_Q1-22.pdf), abgerufen am 21.06.2022.

**BNetzA (2022f)**

Netzausbau, Bundesnetzagentur, Bonn, 2022, <https://www.netzausbau.de/Vorhaben/uebersicht/liste/liste.html>, abgerufen am 30.06.2022.

**BNetzA (2022g)**

Vorhaben von gemeinsamem Interesse (PCI), Bonn, 2022, <https://www.netzausbau.de/Wissen/Europa/PCI/de.html>, abgerufen am 27.06.2022.

**BNetzA (2022h)**

Kennzahlen der Versorgungsunterbrechungen Strom, Bonn, 2022, [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Versorgungsunterbrechungen/Auswertung\\_Strom/start.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Versorgungsunterbrechungen/Auswertung_Strom/start.html), abgerufen am 07.04.2022.

**BNetzA (2022i)**

Bericht Netzengpassmanagement – Gesamtes Jahr 2021, Bonn, 2022,

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/Versorgungssicherheit/Engpassmanagement/Zahlen%20Ganzes%20Jahr2021.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Engpassmanagement/Zahlen%20Ganzes%20Jahr2021.pdf?__blob=publicationFile&v=4), abgerufen am 25.07.2022.

**BNetzA (2022j)**

Feststellung des Bedarfs an Netzreserve für den Winter 2022/2023 sowie den Betrachtungszeitraum April 2023 bis März 2024, Bonn, 2022,

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/Versorgungssicherheit/Netzreserve/Feststellung\\_Reservekraftwerksbedarf\\_2022.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Netzreserve/Feststellung_Reservekraftwerksbedarf_2022.pdf?__blob=publicationFile&v=3), abgerufen am 19.07.2022.

**BNetzA (2022k)**

Kennzahlen der Versorgungsunterbrechungen Gas, [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Versorgungsunterbrechungen/Auswertung\\_Gas/start.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Versorgungsunterbrechungen/Auswertung_Gas/start.html), abgerufen am 11.07.2022.

**BNetzA (2022l)**

Beendete Ausschreibungen Solar-Freifläche, Bonn, Juli 2022,

<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Solaranlagen1/BeendeteAusschreibungen/start.html>, abgerufen am 03.08.2022.

**BNetzA (2022m)**

Beendete Ausschreibungen Solar Aufdach, Bonn, Mai 2022,

<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Solaranlagen2/BeendeteAusschreibungen/start.html>, abgerufen am 03.08.2022.

**BNetzA (2022n)**

Beendete Gemeinsame Ausschreibung Wind/Solar, Bonn, Juni 2022,

[https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Gemeinsame\\_Wind\\_Solar/BeendeteAusschreibungen/start.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Gemeinsame_Wind_Solar/BeendeteAusschreibungen/start.html), abgerufen am 03.08.2022.

**BNetzA (2022o)**

Bericht zum Zustand und Ausbau der Verteilernetze 2021, Stand: Frühjahr 2022

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/NetzentwicklungUndSmartGrid/ZustandAusbauVerteilernetze2021.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzentwicklungUndSmartGrid/ZustandAusbauVerteilernetze2021.pdf?__blob=publicationFile&v=3), abgerufen am 02.08.2022.

**BNetzA (2022q)**

Elektromobilität: Öffentliche Ladeinfrastruktur <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/E-Mobilitaet/start.html>, abgerufen am 09.05.2022.

**BNetzA (2021)**

EEG in Zahlen, diverse Jahrgänge, [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/zahlenunddaten-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/zahlenunddaten-node.html), abgerufen am 09.05.2022.

**BNetzA, BKartA (2022)**

Monitoringbericht 2021 gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB, Bundesnetzagentur, Bundeskartellamt, Bonn, Stand: 08.03.2022.

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht\\_Energie2021.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht_Energie2021.pdf?__blob=publicationFile&v=6), abgerufen am 26.04.2022.

**BNetzA, BKartA (2021)**

Monitoringbericht 2020 gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB, Bundesnetzagentur, Bundeskartellamt, Bonn, Stand: 27.01.2021.

[https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Berichte/Energie-Monitoring-2020.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Berichte/Energie-Monitoring-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=4), abgerufen am 26.04.2022.

**Borderstep (2021)**

Studie zu Nachhaltigkeitspotenzialen in und durch Digitalisierung in Hessen, Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH, Hrsg. Hessische Staatskanzlei, Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung, Wiesbaden, Juli 2021, [https://digitales.hessen.de/sites/digitales.hessen.de/files/2021-09/Nachhaltigkeitsstudie\\_0.pdf](https://digitales.hessen.de/sites/digitales.hessen.de/files/2021-09/Nachhaltigkeitsstudie_0.pdf), abgerufen am 29.06.2022.

**BSI (2022)**

Smart Meter: Rücknahme der Allgemeinverfügung vom 7. Februar 2020, Pressemitteilung vom 20.05.2022, [https://www.bsi.bund.de/DE/Service-Navi/Presse/Pressemitteilungen/Presse2022/220520\\_Uebergangregelung-SMGW.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Service-Navi/Presse/Pressemitteilungen/Presse2022/220520_Uebergangregelung-SMGW.html), abgerufen am 04.08.2022

**BSI, BMWi (2019)**

Standardisierungsstrategie zur sektorübergreifenden Digitalisierung nach dem Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende, Berlin, 2019, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2019/20190129-roadmap-fuer-intelligente-energienetze-der-zukunft.html>, abgerufen am 01.08.2022.

**Bundesgesetzblatt (2016)**

Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende vom 29. August 2016, im: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2016 Teil 1 Nr. 43, ausgegeben zu Bonn am 1. September 2016, [https://www.bmwb.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/gesetz-zur-digitalisierung-der-energie-wende.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwb.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/gesetz-zur-digitalisierung-der-energie-wende.pdf?__blob=publicationFile&v=4), abgerufen am 01.08.2022.

**Bundesverband Wärmepumpe (2022)**

Starkes Wachstum im Wärmepumpenmarkt, <https://www.waermepumpe.de/presse/news/details/star-kes-wachstum-im-waermepumpenmarkt/#content>, abgerufen am 23.06.2022.

**Destatis (2021)**

Statistischer Bericht, Außenhandel Dezember 2021, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2022, [https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/DE-Heft\\_mods\\_00139248](https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/DE-Heft_mods_00139248), abgerufen am 22.05.2022.

**EEG (2023)**

Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1353) geändert worden ist, kurz: EEG 2023.

**EEG (2021)**

Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 16. Juli 2021 (BGBl. I S. 3026) geändert worden ist, kurz: EEG 2021.

**EEG (2017)**

Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 17.07.2017 (BGBl. I S. 2532) geändert worden ist, kurz: EEG 2017.

**EEG (2014)**

Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21.07.2014, Bundesgesetzblatt I S. 1066, 2014, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 29.06.2015 (BGBl. I S. 1010).

**EEG (2012)**

Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 30.06.2011, [https://www.reguvis.de/fileadmin/BIV-Portal/Dokumente/eeG\\_2012\\_bf.pdf](https://www.reguvis.de/fileadmin/BIV-Portal/Dokumente/eeG_2012_bf.pdf), abgerufen am 08.04.2020.

**European Energy Exchange (2022)**

Marktdaten Strom – KWK-Index, European Energy Exchange AG, Leipzig, <https://www.eex.com/de/marktdaten/strom/kwk-index>, abgerufen am 31.05.2022.

**EY (2021)**

Barometer der Digitalisierung der Energiewende, Berichtsjahr 2020, erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/barometer-digitalisierung-der-energie-wende-berichts-jahr-2020.html>, abgerufen am 01.08.2022.

**Fraport (2022)**

Fraport-Verkehrszahlen 2021, Fraport AG, Pressemitteilung vom 17.01.2022, Frankfurt, <https://www.fraport.com/de/newsroom/pressemitteilungen/2022/q1/verkehrszahlen-2021.html>, abgerufen am 08.06.2022.

**Fraport (2021)**

Fraport-Verkehrszahlen 2020, Fraport AG, Pressemitteilung vom 18.01.2021, Frankfurt, <https://www.fraport.com/de/newsroom/pressemitteilungen/2021/q1-2021/fraport-verkehrszahlen-2020--passagieraufkommen-infolge-der-covi.html>, abgerufen am 16.07.2021.

**Fraunhofer IIS (2021)**

Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen: Gasleitungen: Schnellstraßen für Wasserstoff?, Ein Expertengespräch mit Dr. Thomas Hüwener, Open Grid Europe GmbH, und Prof. Dr. Alexander Martin, Fraunhofer IIS, 16. Dezember 2021 <https://www.iis.fraunhofer.de/de/magazin/serie-wasserstoff/wasserstoff-gasleitungen.html>, abgerufen am 15.06.2022.

**Gas Infrastructure Europe (2022)**

GIE Aggregated Gas Storage Inventory <https://agsi.gie.eu/>, abgerufen am 05.09.2022

**Hamburg Institut / Prognos (2020)**

Perspektive der Fernwärme Maßnahmenprogramm 2030 Aus- und Umbau städtischer Fernwärme als Beitrag einer sozial-ökologischen Wärmepolitik, im Auftrag des AGFW Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V., November 2020, [https://www.hamburg-institut.com/wp-content/uploads/2021/06/AGFW\\_Perspektive\\_der\\_Fernwaerme\\_2030\\_final.pdf](https://www.hamburg-institut.com/wp-content/uploads/2021/06/AGFW_Perspektive_der_Fernwaerme_2030_final.pdf), abgerufen am 29.06.2022.

**Hessen Agentur (2022)**

Hessischer Konjunkturspiegel 4. Quartal 2021, Schwerpunktthema: Hessischer Außenhandel im zweiten Corona-Jahr, Wiesbaden, 2022, [https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2022/3751\\_Hessen\\_Konjunkturspiegel\\_4Q2021.pdf](https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2022/3751_Hessen_Konjunkturspiegel_4Q2021.pdf), abgerufen am 22.05.2022.

**HEG (2012)**

Hessisches Energiegesetz, Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen, Ausgegeben zu Wiesbaden am 30.11.2012, Nr. 23, S. 444-448.

**Hessischer Energiegipfel 2011**

Abschlussbericht des Hessischen Energiegipfels vom 10. November 2011, Wiesbaden, [https://www.energie-land.hessen.de/pdf/abschlussbericht\\_energiegipfel\\_2011.pdf](https://www.energie-land.hessen.de/pdf/abschlussbericht_energiegipfel_2011.pdf), abgerufen am 29.06.2022.

**Hessische Landesregierung (2018)**

Aufbruch im Wandel durch Haltung, Orientierung und Zusammenhalt – Koalitionsvertrag zwischen der CDU Hessen und Bündnis 90 / Die Grünen Hessen für die 20. Legislaturperiode, Wiesbaden, Dezember 2018.

**Hessischer Landtag (2022a)**

Gesetzentwurf Landesregierung, Gesetz zur Änderung des Hessischen Energiegesetzes, Drucksache 20/8758 vom 05.07.2022, Eilausfertigung <https://starweb.hessen.de/cache/DRS/20/8/08758.pdf>, abgerufen am 02.08.2022.

**Hessischer Landtag (2022b)**

Gesetzentwurf Landesregierung, Hessisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels, Drucksache 20/9276 vom 30.09.2022, Eilausfertigung am 4. Oktober 2022 <https://starweb.hessen.de/cache/DRS/20/6/09276.pdf>, abgerufen am 17.10.2022.

**HIC/FfE (2021)**

Grüne Fernwärme für Deutschland – Potenziale, Kosten, Umsetzung. Kurzstudie, HIC Hamburg Institut Consulting GmbH, Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, Hamburg – München, Stand: 08. März 2021, [https://www.bdew.de/media/documents/2021-04-06\\_Bericht\\_Kurzstudie\\_gr%C3%BCne\\_Fernw%C3%A4rme\\_Finalfassung.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/2021-04-06_Bericht_Kurzstudie_gr%C3%BCne_Fernw%C3%A4rme_Finalfassung.pdf), abgerufen am 15.06.2022.

**HLNUG (2022)**

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) – Sonderauswertung des Erdwärmeverzeichnisses, unveröffentlicht, Wiesbaden, 2022.

**HMUKLV (2021)**

Treibhausgasbilanz für das Land Hessen Bilanzjahr 2019, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, Dezember 2021, [https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/Hessische\\_Treibhausgasbilanz\\_2019.pdf](https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/Hessische_Treibhausgasbilanz_2019.pdf), abgerufen am 25.07.2022.

**HMUKLV (2019)**

Treibhausgasbilanz für das Land Hessen Bilanzjahr 2018, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, Dezember 2019, [https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-06/hessische\\_treibhausgasbilanz\\_2018\\_0.pdf](https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-06/hessische_treibhausgasbilanz_2018_0.pdf), abgerufen am 29.07.2020.

**HMWEVW (2021)**

Energiewende in Hessen Monitoringbericht 2021, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, Wiesbaden, 2021.

**HMWEVL (2018)**

Energiewende in Hessen Monitoringbericht 2018, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung, Wiesbaden, 2018.

**HMWEVL (2017)**

Energiewende in Hessen Monitoringbericht 2017, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung, Wiesbaden, 2017.

**HMWEVL (2016)**

Energiewende in Hessen Monitoringbericht 2016, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung, Wiesbaden, 2016.

**HMWEVL (2015)**

Energiewende in Hessen Monitoringbericht 2015, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung, Wiesbaden, 2015.

**HMWEVW, HMUKLV (2022)**

Länderbericht zum Stand des Ausbaus der erneuerbaren Energien sowie zu Flächen, Planungen und Genehmigungen für die Windenergienutzung an Land, Berichtsjahr 2021, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung und Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, 2022.

**HSL (2022a)**

Datenbereitstellung im Rahmen der Erstellung des Monitoringberichts. Sonderauswertungen und Zeitreihen aus verschiedenen Fachstatistiken (Energienstatistik, Statistik des Verarbeitenden Gewerbes, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Bevölkerungsstatistik, Umweltstatistik), Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2022.

**HSL (2022b)**

Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Hessen im Jahr 2020, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2022.

**HSL (2022c)**

Baufertigstellungen in Hessen im Jahr 2021, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2022.

**HSL (2022d)**

Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung in Hessen und Deutschland 2014 bis 2021, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2022.

**HSL (2022e)**

Energieversorgung in Hessen im Juni 2022, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, Oktober 2022, [https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/HEHeft\\_derivate\\_00011220/EIV1\\_EIV2\\_EIV3m\\_22-06\\_a.pdf](https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/HEHeft_derivate_00011220/EIV1_EIV2_EIV3m_22-06_a.pdf), abgerufen am 25.11.2022.

**HSL (2021)**

Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Hessen im Jahr 2019, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2021.

**HSL (2017)**

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

**HSL (2014)**

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

**HSL (2012)**

Baufertigstellungen in Hessen im Jahr 2011, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2012.

**IE-Leipzig (2022)**

Bereitstellung aktueller Daten zur Energieversorgung in Hessen bis zum Jahr 2021, Leipziger Institut für Energie GmbH, Leipzig, Juni 2022.

**IE-Leipzig (2021)**

Bereitstellung aktueller Daten zur Energieversorgung in Hessen bis zum Jahr 2020, Leipziger Institut für Energie GmbH, Leipzig, Juni 2021.

**IREES, ifeu, Fraunhofer ISI, Prognos (2020)**

Umfassende Bewertung des Potenzials für eine effiziente Wärme- und Kältenutzung für Deutschland, [https://irees.de/wp-content/uploads/2021/03/Comprehensive-Assessment-Heating-and-Cooling\\_Germany\\_2020.pdf](https://irees.de/wp-content/uploads/2021/03/Comprehensive-Assessment-Heating-and-Cooling_Germany_2020.pdf), abgerufen am 29.06.2022.

**KBA (2022)**

Fahrzeugbestand nach Umweltmerkmalen, Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg, 2022, [https://www.kba.de/DE/Statistik/statistik\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/statistik_node.html), abgerufen am 31.05.2022.

**KfW (2022)**

Förderreporte 2009 bis 2021, Kreditanstalt für Wiederaufbau, Frankfurt, 2022, [https://www.kfw.de/Presse-Newsroom/Pressematerial/F%C3%B6rderreport/KfW-F%C3%B6rderreport\\_2021.pdf](https://www.kfw.de/Presse-Newsroom/Pressematerial/F%C3%B6rderreport/KfW-F%C3%B6rderreport_2021.pdf), abgerufen am 31.05.2022.

**KoWi (2022)**

Kooperationsstelle EU der Wissenschaftsorganisationen, <https://www.kowi.de/kowi/horizon-europe/global-challenges-european-industrial-competitiveness/cluster-climate/cluster-climate-energy-and-mobility-2021-2022.aspx>, abgerufen am 21.06.2022.

**KSG (2021)**

Bundes-Klimaschutzgesetz, Hrsg: Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister der Justiz, Berlin 2021 <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/KSG.pdf>, abgerufen am 02.08.2022

**KSG (2019)**

Bundes-Klimaschutzgesetz, Hrsg: Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister der Justiz, Berlin 2019 <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/BJNR251310019.html>, abgerufen am 02.08.2022

**LEA (2022)**

Metastudie Sektorkopplung in Hessen, Landesenergieagentur Hessen, Wiesbaden, 2022, [https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2022/3717\\_2022-02-22-MetastudieSektorkopplung.pdf](https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2022/3717_2022-02-22-MetastudieSektorkopplung.pdf), abgerufen am 04.05.2022.

**LBEG (2022)**

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen, Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2021, Hannover 2022.

**LDEW (2022)**

Datenbereitstellung im Rahmen der Erstellung des Monitoringberichts, LDEW Landesverband der Energie- und Wasserwirtschaft Hessen/Rheinland-Pfalz e. V., Mainz, 2022.

**LDEW (2021)**

Datenbereitstellung im Rahmen der Erstellung des Monitoringberichts, LDEW Landesverband der Energie- und Wasserwirtschaft Hessen/Rheinland-Pfalz e. V., Mainz, 2021.

**LIS-A (2022a)**

LänderInformationsSystem für Anlagen, Datenstand 15.07.2022, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, 2022, <https://www.hlnug.de/themen/luft/windenergie-in-hessen>, abgerufen am 03.08.2022.

**LIS-A (2022b)**

Sonderauswertung LänderInformationsSystem für Anlagen, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, 2022.

**LIV (2022)**

Landesinnungsverband Schornsteinfegerhandwerk Hessen (LIV) – hessischer Beitrag zu den Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2021, unveröffentlicht, Bebra, 2022.

**LIV (2021)**

Landesinnungsverband Schornsteinfegerhandwerk Hessen (LIV) – hessischer Beitrag zu den Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2020, unveröffentlicht, Bebra, 2021.

**LIV (2016)**

Landesinnungsverband Schornsteinfegerhandwerk Hessen (LIV) – hessischer Beitrag zu den Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2015, unveröffentlicht, Bebra, 2016.

**Moreau & Vuille (2019)**

Is decoupling a red herring? The role of structural effects and energy policies in Europe, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421519306767>, abgerufen am 29.06.2022.

**Moreau & Vuille (2018)**

Decoupling energy use and economic growth: Counter evidence from structural effects and embodied energy in trade, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626191830045X>, abgerufen am 29.06.2022.

**Projekträger Jülich (2022)**

enArgus: Zentrales Informationssystem Energieforschungsförderung, Bundesministerium Wirtschaft und Klimaschutz, Jülich <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi?op=enargus.eps2>, abgerufen am 16.06.2022.

**RP Darmstadt (2020)**

Sachlicher Teilplan Erneuerbare Energien (TPEE) 2019, Regionalplan Südhessen / Regionaler Flächennutzungsplan 2010, Regierungspräsidium Darmstadt, Regionalverband Frankfurt/Rhein/Main, Darmstadt, Frankfurt, März 2020, <https://rp-darmstadt.hessen.de/planung/regionalplanung/regionalplan-suedhessen/teilplan-erneuerbare-energien>, abgerufen am 28.06.2022.

**RP Gießen (2017)**

Teilregionalplan Energie Mittelhessen, Regierungspräsidium Gießen, Gießen, Dezember 2017, <https://rp-giessen.hessen.de/planung/regionalplanung/teilregionalplan-energie-mittelhessen>, abgerufen am 28.06.2022.

**RP Kassel (2017)**

Teilregionalplan Energie Nordhessen, Regierungspräsidium Kassel, Kassel, Juni 2017, <https://rp-kassel.hessen.de/planung/regionalplanung/erneuerbare-energien/windenergie/teilregionalplan-energie>, abgerufen am 28.06.2022.

**Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende (2021)**

Klimaneutrales Deutschland. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, erstellt von Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut, Version 1.0, Juni 2021, [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/KNDE\\_2045\\_Langfassung/Klimaneutrales\\_Deutschland\\_2045\\_Langfassung.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/KNDE_2045_Langfassung/Klimaneutrales_Deutschland_2045_Langfassung.pdf), abgerufen am 29.06.2022.

**Umweltbundesamt (2022)**

Vollzug 38. BImSchV: Anrechnung von Strom für Elektrofahrzeuge, Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 2022, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/kraft-betriebsstoffe/vollzug-38-bim-schv-anrechnung-von-strom-fuer>, abgerufen am 07.06.2022.

**Umweltbundesamt (2021)**

Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger 2020, Climate Change 71/2021, Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 2021, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2021-12-13\\_climate-change\\_71-2021\\_emissionsbilanz\\_erneuerbarer\\_energien\\_2020\\_bf\\_korr-01-2022.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2021-12-13_climate-change_71-2021_emissionsbilanz_erneuerbarer_energien_2020_bf_korr-01-2022.pdf), abgerufen am 09.06.2022.

**Umweltbundesamt (2016)**

Rebound-Effekte: Wie können sie effektiv begrenzt werden?, Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 2016, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rebound-effekte\\_wie\\_koennen\\_sie\\_effektiv\\_begrenzt\\_werden\\_handbuch.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rebound-effekte_wie_koennen_sie_effektiv_begrenzt_werden_handbuch.pdf), abgerufen am 20.08.2019.

**Umweltbundesamt (2001)**

Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Flugverkehrs, Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 2001.

**UNCTAD (2022)**

Global trade hits record high of \$28.5 trillion in 2021, United Nations Conference on Trade and Development (Hrsg.), Genf, 2022, <https://unctad.org/news/global-trade-hits-record-high-285-trillion-2021-likely-be-subdued-2022>, abgerufen am 22.05.2022.

**ÜNB (2021)**

EEG-Anlagenstamm- und Bewegungsdaten der Übertragungsnetzbetreiber, 50Hertz, Amprion, TenneT, TransnetBW im Rahmen der EEG-Jahresabrechnung 2020, Juli 2021, <https://www.netztransparenz.de/EEG/Jahresabrechnungen>, abgerufen am 03.08.2021.

**Velasco-Fernández et al. (2020)**

Fallacies of energy efficiency indicators: Recognizing the complexity of the metabolic pattern of the economy, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421519306767>, abgerufen am 08.06.2020.

**WindBG (2022)**

Gesetz zur Festlegung von Flächenbedarfen für Windenergieanlagen an Land (Windenergieflächenbedarfsgesetz), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1353) beschlossen wurde, kurz: WindBG.

**ZSW (2022a)**

Investitionen in Erneuerbare Energien-Anlagen in Hessen im Jahr 2021, Ergebnisdokumentation, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2022, unveröffentlicht.

**ZSW (2022b)**

Sonderauswertung der Patentstatistik des Deutschen Patent- und Markenamtes (Stand: 09.06.2022), Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2022, unveröffentlicht.

**ZSW (2021)**

Investitionen in Erneuerbare Energien-Anlagen in Hessen im Jahr 2020, Ergebnisdokumentation, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2021, unveröffentlicht.

**ZSW (2020)**

Investitionen in Erneuerbare Energien-Anlagen in Hessen im Jahr 2019, Ergebnisdokumentation, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2020, unveröffentlicht.

**ZSW (2019)**

Investitionen in Erneuerbare Energien-Anlagen in Hessen im Jahr 2018, Ergebnisdokumentation, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2019, unveröffentlicht.

**ZSW (2018a)**

Investitionen in Erneuerbare Energien-Anlagen in Hessen im Jahr 2017, Ergebnisdokumentation, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2018, unveröffentlicht.

**ZSW (2018b)**

Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz Teilvorhaben II c: Solare Strahlungsenergie, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2018, [https://www.zsw-bw.de/uploads/media/bericht-eeg-4-solar.pdf\\_01.pdf](https://www.zsw-bw.de/uploads/media/bericht-eeg-4-solar.pdf_01.pdf), abgerufen am 27.07.2020.

**ZSW (2017)**

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

**ZSW (2016)**

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

# Impressum

## Herausgeber

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen  
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  
Konradinallee 9  
65189 Wiesbaden  
[www.hessen-agentur.de](http://www.hessen-agentur.de)

## Redaktion

Susanne Becker, Dr. Andreas Meissauer, Michael Wiesmeth: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen; Dr. Anne-Katrin Wincierz, Sophia Schmidt-Rohr, Peer Pfennig, Jacek Walsdorfer: Hessisches Statistisches Landesamt

## Stand

Dezember 2022

## 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

Calado – [stock.adobe.com](http://stock.adobe.com) (Titel oben), HA Hessen Agentur GmbH (Titel unten), Oliver Rüter – HMWEVW (S. 1), boonchok – [stock.adobe.com](http://stock.adobe.com) (S. 7), Ingo Bartussek – [stock.adobe.com](http://stock.adobe.com) (S. 12), HA Hessen Agentur GmbH (S. 27), Ronja Hanf (S. 37), LEA LandesEnergieAgentur Hessen GmbH (S. 29 und S. 38), HessenEnergie Gesellschaft für rationelle Energienutzung mbH (S. 51), Christof Mattes Fotodesign (S. 52), Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen (LBIH) (S. 73), Patrick Daxenbichler – [stock.adobe.com](http://stock.adobe.com) (S. 74), digitalstock – [stock.adobe.com](http://stock.adobe.com) (S. 92), Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen (LBIH) (S. 103), Alberto – [stock.adobe.com](http://stock.adobe.com) (S. 104), Alex Stemmers – [stock.adobe.com](http://stock.adobe.com) (S. 111), tonjung – [stock.adobe.com](http://stock.adobe.com) (S. 143)

## Druck

Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden. Gedruckt auf ColorCopy Papier, FSC™-zertifiziert.

## Auflage

500

## Bestellung

Download im Internet unter: [www.wirtschaft.hessen.de](http://www.wirtschaft.hessen.de)  
erscheint auch als HA-Report Nr. 1073 ([www.hessen-agentur.de/publikationen](http://www.hessen-agentur.de/publikationen))



HESSEN



Herausgeber:

Hessisches Ministerium für Wirtschaft,  
Energie, Verkehr und Wohnen

Kaiser-Friedrich-Ring 75  
65185 Wiesbaden

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



**HessenAgentur**

HA Hessen Agentur GmbH