

Hessisches Ministerium für Wirtschaft,
Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum

HESSEN



ENERGIEWENDE IN HESSEN

MONITORINGBERICHT 2024



Energiewende in Hessen – Monitoringbericht 2024

Wiesbaden 2024

Inhalt	Seite
Zusammenfassung.....	2
1 Einleitung	5
2 Ziele der Energiewende und Indikatoren des Energiemonitorings.....	8
3 Energieverbrauch und Energieeffizienz.....	13
3.1 Primärenergieverbrauch.....	13
3.2 Endenergieverbrauch	15
3.3 Stromerzeugung und Stromverbrauch	19
3.4 Energieeffizienz.....	23
4 Erneuerbare Energien.....	29
4.1 Bedeutung für den Primärenergieverbrauch	31
4.2 Bedeutung für den Endenergieverbrauch	32
5 Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch.....	40
5.1 Endenergieverbrauch für Wärme.....	40
5.2 Gebäuderelevanter Energieverbrauch.....	41
5.3 Modernisierungsdynamik bei Gebäuden	44
5.4 Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor	48
6 Anlagen der erneuerbaren und konventionellen Energieerzeugung.....	54
6.1 Erneuerbare Energieanlagen zur Stromerzeugung	55
6.2 Konventionelle Energieanlagen zur Stromerzeugung	70
6.3 Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung.....	72
7 Versorgungssicherheit und Netzausbau	77
7.1 Sicherheit der Stromversorgung und Ausbau der Stromnetze.....	77
7.2 Entwicklung der Gasversorgung	86
7.3 Wasserstoffnetz	91
7.4 Fernwärme und Wärmenetz.....	93
8 Verkehr und Elektromobilität.....	96
8.1 Endenergieverbrauch im Verkehrssektor	96
8.2 Elektromobilität	101
9 Entwicklung der Treibhausgasemissionen.....	105
9.1 Treibhausgasemissionen nach Gasen	105
9.2 Treibhausgasemissionen nach Quellgruppen	106
9.3 Entwicklung der Treibhausgasintensität.....	107
9.4 Energiebedingte CO ₂ -Emissionen nach Sektoren	108
9.5 Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch erneuerbare Energien.....	110

	Seite
10 Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende	113
10.1 Energiekosten und Energiepreise	113
10.2 Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz	119
10.3 Beschäftigung im Energiebereich.....	121
10.4 Forschung und Entwicklung	124
11 Maßnahmen der Hessischen Landesregierung.....	130
12 Ausblick.....	148
Abbildungs- / Tabellenverzeichnis.....	149
Abkürzungsverzeichnis.....	154
Übersicht über Energieeinheiten und Umrechnungsfaktoren	157
Glossar.....	158
Literatur- und Quellenverzeichnis	166
Impressum.....	174



„Unser Ziel ist es, die Energieversorgung in Hessen bezahlbar und zukunftssicher zu gestalten. Um das zu erreichen, ist es entscheidend, die technologische Vielfalt zu nutzen. Neben Solar- und Windenergie sollen auch die Energiequellen Bioenergie, Geothermie, Solarthermie und Wasserkraft ausgebaut werden. Der vorliegende Monitoringbericht zeigt, Hessen ist auf einem guten Weg, den wir weiter ausbauen wollen.“

Kaweh Mansoori

Kaweh Mansoori,
Hessischer Minister für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum

Zusammenfassung

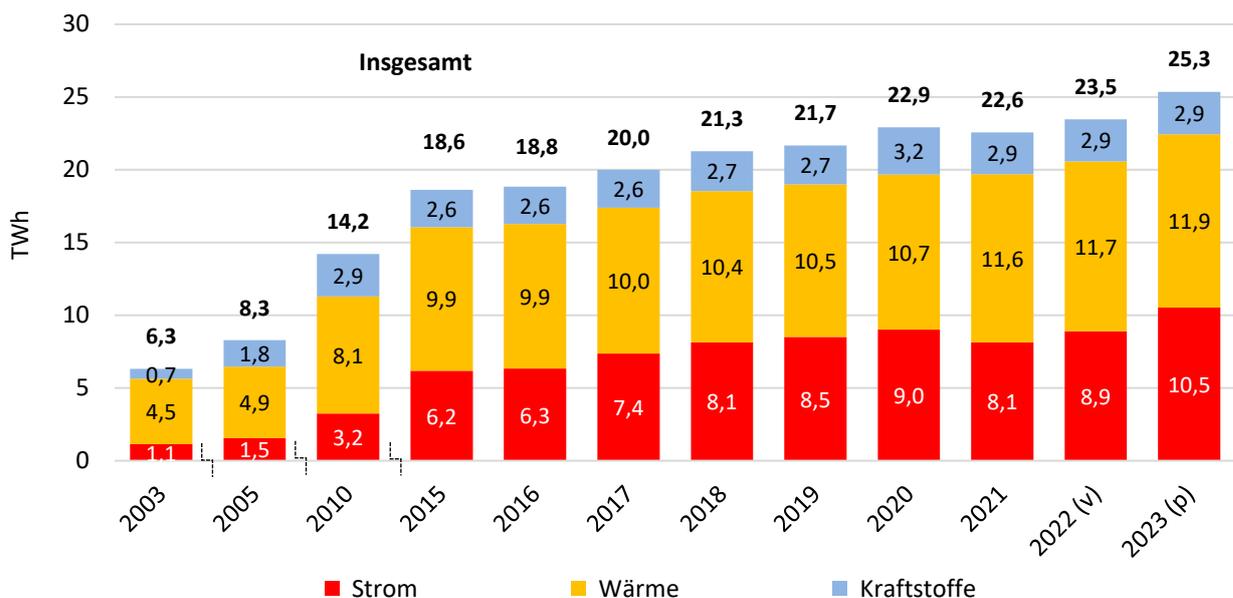
Der vorliegende zehnte Monitoringbericht zur Energiewende in Hessen zeigt die Entwicklungen einer Vielzahl von Indikatoren zum Themenkomplex Energie. Der Berichtszeitraum umfasst bei Verfügbarkeit der entsprechenden Daten den Zeitraum von 2000 bis 2023 und zum Teil bis zum ersten Halbjahr 2024. Auch im Jahr 2023 wurden die Energieerzeugung und der Energieverbrauch in Hessen durch die Folgen des Russland-Ukraine-Kriegs geprägt. Insbesondere die damit verbundenen höheren Energiepreise haben die wirtschaftliche Entwicklung und den Energieverbrauch gebremst. Zudem hat sich die im Vorjahresvergleich mildere Witterung dämpfend auf den Energieverbrauch ausgewirkt.

Für Hessen schätzt das Leipziger Institut für Energie (IE-Leipzig) für das Jahr 2023 einen **Primärenergieverbrauch** (PEV) von 778,2 Petajoule (PJ) und damit einen Rückgang von 20,7 PJ bzw. 2,6 Prozent. Damit blieb der PEV weiterhin deutlich unter dem Vor-Corona-Niveau, das sich in den Jahren 2015 bis 2019 mit geringen, überwiegend witterungsbedingten Schwankungen um Werte von 870 PJ bewegte. Ebenfalls rückläufig war die Entwicklung des **Endenergieverbrauchs** (EEV), der sich für das Jahr 2023 nach erster Schätzung in Hessen auf insgesamt 724 PJ beziffert und damit um 8,3 PJ bzw. 1,1 Prozent unter dem Vorjahresniveau liegt. Wie bereits im Vorjahr ist der EEV auch im Jahr 2023 in allen

Verbrauchssektoren mit Ausnahme des Verkehrssektors deutlich zurückgegangen, am stärksten im Sektor private Haushalte (-6,1 PJ bzw. -3,4 %), gefolgt von der Industrie (-5,4 PJ bzw. -5,2 %) und dem Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) (-1,8 PJ bzw. -1,5 %). Der Anstieg des EEV im Verkehrssektor fiel mit 4,9 PJ (+1,5 %) deutlich geringer aus als im Vorjahr (+43,8 PJ). Differenziert nach **Energieträgern** war der Gasverbrauch am stärksten rückläufig (-8,4 PJ bzw. -5,7 %). Dem standen leichte Verbrauchszuwächse bei Mineralöl (+1,7 PJ bzw. +0,4 %) und erneuerbaren Energien (+0,7 PJ bzw. +174 %) gegenüber. Im Jahr 2023 schlugen sich Energieeinsparungen und positives Wirtschaftswachstum in steigenden **Energieproduktivitäten** von PEV (+3,0 %) und EEV (+1,5 %) gegenüber dem Vorjahr nieder.

Der **Beitrag der erneuerbaren Energien zum Endenergieverbrauch** lag in Hessen im Jahr 2023 bei 25,3 Terawattstunden (TWh), 1,8 TWh bzw. 8,0 Prozent mehr als im Vorjahr (siehe Abbildung 1). Ursächlich dafür sind vor allem Zuwächse bei der erneuerbaren Stromerzeugung um 1,6 TWh (+18,3 %) von 8,9 TWh auf 10,5 TWh. Der Verbrauch erneuerbarer Energieträger zur Wärmeerzeugung erhöhte sich demgegenüber nur geringfügig um 236 GWh (+2,0 %) und der von Biokraftstoffen um +26 GWh (+0,9 %).

Abbildung 1: Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe 2003*-2023 (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 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Die **Bruttostromerzeugung** in Hessen bezifferte sich im Jahr 2023 auf 17,7 TWh, ein Rückgang von 0,5 TWh (-2,6 %) gegenüber dem Vorjahr. Mit 10,5 TWh entfallen 60 Prozent davon auf erneuerbare Energien. Im ersten Halbjahr 2024 betrug die Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien knapp 4,7 TWh. Dies sind etwa ein Prozent weniger als im ersten Halbjahr 2023 und entspricht einem Anteil erneuerbarer Energien von 57 Prozent an der Bruttostromerzeugung in Hessen. Der **Bruttostromverbrauch** fiel im Jahr 2023 mit 37,4 TWh etwas niedriger (-0,4 TWh bzw. -1,1 %) aus als im Jahr zuvor. Die Differenz beider Größen wurde durch **Stromimporte** in Höhe von 19,8 TWh ausgeglichen, die im Vorjahresvergleich nahezu unverändert blieben (+0,1 TWh bzw. +0,3 %).

Der **Ausbau der erneuerbaren Energieanlagen** in Hessen erreichte im Jahr 2023 einen Rekordwert. Insgesamt stieg die installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen um 844 MW. Im Vergleich zum Vorjahreszubau ist dies fast eine Verdopplung. Die insgesamt verfügbare Leistung von erneuerbaren Energieanlagen erhöhte sich dadurch auf 6,6 GW. Haupttreiber dieser Entwicklung ist der Ausbau im Bereich der Photovoltaik. Im Jahr 2023 kamen 680 MW und im ersten Halbjahr 2024 knapp 358 MW neu hinzu. Aber auch bei der Windenergie zeigt sich für das Jahr 2023 ein positiver Trend. Es nahmen 38 Anlagen mit 165 MW neu den Betrieb auf. Im ersten Halbjahr 2024 wurden 10 Anlagen mit 57 MW in Betrieb genommen. Die aktuelle Entwicklung bei den Genehmigungen deutet auf einen verstärkten Zubau von Windenergieanlagen in naher Zukunft hin.

Für das Jahr 2023 ist mit einem **Endenergieverbrauch für Wärme** in Höhe von 265 PJ gegenüber dem Vorjahr eine deutliche Abnahme in Höhe von 11,4 PJ (-4,1 %) feststellbar. Dies ist der niedrigste Verbrauchswert seit dem Jahr 2000. Als Gründe hierfür sind vor allem die milde Witterung, Einsparbemühungen aufgrund weiterhin hoher Energiepreise sowie eine schwache gesamtwirtschaftliche Konjunktur zu nennen. Speziell auf den **gebäuderelevanten Endenergieverbrauch** entfielen im Jahr 2023 insgesamt 232,9 PJ, was einem Anteil von 32,2 Prozent am gesamten EEV entspricht und einen Rückgang gegenüber dem Vorjahr in Höhe von 3,2 Prozent darstellt. Der größte Teil des gebäuderelevanten EEV entfiel wiederum mit 174,1 PJ auf die Bereitstellung von Raumwärme.

Für den **Verkehrssektor** wird für das Jahr 2023 ein EEV in Höhe von 338,1 PJ geschätzt, ein leichtes Plus gegenüber dem Vorjahr (+4,9 PJ bzw. +1,5 %), das vor allem auf den gestiegenen Verbrauch des Luftverkehrs (+6,6 PJ bzw. +4,3 %) zurückzuführen ist. Demgegenüber war der Energieverbrauch des Straßenverkehrs um 1,9 PJ bzw. 1,1 Prozent rückläufig.

In Hessen waren zu Beginn des Jahres 2024 insgesamt gut 3,9 Mio. Pkw zugelassen, 49.682 Pkw bzw. 1,3 Prozent mehr als ein Jahr zuvor. Dabei war der Bestand aller **Pkw mit fossilen Antrieben** um insgesamt 46.200 Pkw rückläufig. Dem steht abermals eine deutliche Zunahme der **Pkw mit Elektroantrieb** in Höhe von fast 96.000 Fahrzeugen (+30,1 %) gegenüber. Der Bestand rein strombetriebener Pkw stieg dabei um 36.702 (+38,2 %) auf 132.814 zum Jahresbeginn 2024. Stärker noch erhöhte sich die Zahl der Hybridantriebe mit Strom um 59.195 (+26,6 %) auf 282.126 Pkw.

Aktuelle Daten zu **energiebedingten CO₂-Emissionen** liegen für das Jahr 2022 vor. Demnach wurden in Hessen 2022 insgesamt 32,6 Mio. Tonnen CO₂ freigesetzt. Das war geringfügig (+0,2 Mio. t CO₂ bzw. +0,7 %) mehr als im Jahr 2021, aber 1,8 Mio. Tonnen CO₂ bzw. 5,3 Prozent weniger als im Vor-Corona-Jahr 2019. Gegenüber dem Referenzjahr 1990 errechnet sich trotz deutlich gesteigerter Wirtschaftsleistung und gestiegenen Einwohnerzahlen aufgrund von Energieeinsparungen und effizienteren Produktionsverfahren ein Rückgang der energiebedingten CO₂-Emissionen um 9,8 Mio. Tonnen bzw. um 23,1 Prozent.

Durch den Einsatz erneuerbarer Energien zur Strom-, Wärme- sowie Kraftstoffherzeugung konnte der Ausstoß an Treibhausgasemissionen in Hessen nach ersten Schätzungen im Jahr 2023 um 10,9 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente reduziert werden. Dies sind 1,4 Mio. Tonnen (+14,0 %) **vermiedene THG-Emissionen** mehr als im Vorjahr und der bisher höchste Wert überhaupt. Dabei ist der Anstieg fast ausschließlich auf die deutlich höhere Stromerzeugung durch Windenergieanlagen zurückzuführen.

Indikatoren für die **Versorgungssicherheit** sind der System Average Interruption Duration Index (SAIDI) und der Umfang notwendiger Netzengpassmanagementmaßnahmen. Die SAIDI-Werte für Strom (2022) und Gas (2023) zeigen weiterhin eine hohe Versorgungsqualität, auch wenn der SAIDI-Gas für Hessen mit 1,91 Minuten im Jahr 2023 im Vergleich zum Vorjahr leicht gestiegen ist. Der SAIDI-Strom ist für Hessen gesunken. Er lag im Jahr 2022 mit 9,46 Minuten um 1,06 Minuten unter dem Vorjahreswert und auch unter dem Bundesdurchschnitt (12,2 Minuten).

Die **Versorgungssicherheit mit Erdgas** ist infolge des Russland-Ukraine-Kriegs weiterhin mit großen Herausforderungen verbunden. Durch ein breites Maßnahmenbündel konnte eine Mangellage im Jahr 2023 verhindert werden und die Zielwerte für den Füllungsstand der Erdgasspeicher für 2024 sind bereits erreicht. Bis 2032 soll ein **Wasserstoff-Kernnetz** mit einer Länge von 9.040 Kilometern entstehen, wobei zu rund 60 Prozent bestehende Gas-Pipelines genutzt werden sollen.

Zum 31. März 2024 waren im **Stromübertragungsnetz** von den geplanten **Ausbauvorhaben** mit einer Gesamtlänge von 14.000 Kilometern erst 2.900 Kilometer fertiggestellt. Bei der Genehmigung der Leitungen ist jedoch eine zunehmende Dynamik erkennbar. So waren zum 31. März 2024 Leitungen mit einer Länge von knapp 2.300 Kilometern genehmigt oder in Bau, rund 1.200 Kilometer mehr als ein Jahr zuvor. Bei den insgesamt 15 durch Hessen verlaufenden Vorhaben wurde dabei der Zeitpunkt der geplanten Gesamtbetriebnahme zwischen 1 und 5 Jahre vorverlegt.

Mit Blick auf die **Preisentwicklung** haben sich die allgemeinen Lebenshaltungskosten der privaten Haushalte in Deutschland im Jahr 2023 gegenüber dem Vorjahr abermals deutlich um 5,9 Prozent erhöht, blieben aber unter dem Rekordanstieg des Vorjahres (2022: +6,9 %). Der Anteil der Ausgaben für Energie und Kraftstoffe bezifferte sich im Jahr 2023 in Hessen auf zusammen 7,4 Prozent der Gesamtausgaben der privaten Haushalte, wobei sich die Energie- und Kraftstoffpreise sehr unterschiedlich und zum Teil gegenläufig entwickelt haben. Deutliche Preisanstiege verzeichneten Erdgas (+14,7 %), Strom (+12,6 %) und Fernwärme (+10,0 %). Verbilligt haben sich hingegen die Preise von leichtem Heizöl (-22,2 %), Dieseltreibstoffen (-11,3 %) und Superbenzin (-4,0 %).

Nach der aktuellen BDEW-Strompreisanalyse (Stand: Juli 2024) ist für **private Haushalte** im Jahr 2024 mit einem Rückgang des **Strompreises** auf voraussichtlich 41,4 Cent je kWh zu rechnen. Dieser Preisrückgang gegenüber dem Jahr 2023 um 4,37 Cent je kWh bzw. 9,6 Prozent ist überwiegend auf gesunkene Kosten für Beschaffung und Vertrieb zurückzuführen, die sich zusammen voraussichtlich um 5,9 Cent je kWh und damit um fast ein Viertel gegenüber dem Vorjahr (-24,8 %) verbilligen.

Auch für **Industriekunden** ist bei Neuabschlüssen eine deutliche Reduktion des Strompreises auf 16,65 Cent je kWh im Jahresdurchschnitt 2024 zu erwarten. Hauptursache dieser rückläufigen Preisentwicklung sind die rückläufigen Kosten für Beschaffung, Vertrieb und Netzentgelte, auf die im Jahr 2024 zusammen 15,16 Cent je kWh entfallen, 6,44 Cent je kWh (-29,8 %) weniger als im Jahr 2023. Damit dürfte die Kilowattstunde Strom für Industriekunden bei Neuabschlüssen aktuell weniger als vor der Corona-Pandemie im Jahr 2019 (18,55 Cent je kWh) kosten, was u. a. auch auf den Wegfall der EEG-Umlage zum 1. Juli 2022 zurückzuführen ist.

Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien wurden im Jahr 2023 in Hessen nach Schätzungen des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Höhe von insgesamt 1,93 Mrd. Euro getätigt. Dies sind 904 Mio. bzw.

88,1 Prozent mehr als im Vorjahr und der mit Abstand höchste bisher geschätzte Investitionswert in erneuerbare Energien. Besonders dynamisch haben sich dabei die Investitionen in **Anlagen zur Stromerzeugung** entwickelt, die sich um rund 680 Mio. Euro (+124,6 %) erhöht haben. Aber auch die Investitionen in **Anlagen zur Wärmeerzeugung** sind im Vorjahresvergleich um rund 224 Mio. Euro (+46,7 %) gestiegen.

Insgesamt verläuft die **Beschäftigungsentwicklung** sowohl in der konventionellen Energiewirtschaft seit 2018 als auch mit Fokus auf erneuerbare Energien seit dem Jahr 2017 kontinuierlich steigend. Im Jahr 2023 waren in Hessen 14.374 Menschen in Energieversorgungsunternehmen, die überwiegend der **konventionellen Energiewirtschaft** zugeordnet werden, tätig. Dies sind 548 Personen bzw. 4,0 Prozent mehr als im Jahr zuvor.

Angaben zur Beschäftigungsentwicklung durch Herstellung, Betrieb und Wartung **erneuerbarer Energieanlagen** liegen auf Bundesländerebene aktuell bis zum Jahr 2021 vor. Für Hessen werden für dieses Jahr insgesamt 21.140 Beschäftigte ausgewiesen. Dies waren fast 1.000 Beschäftigte bzw. 4,7 Prozent mehr als im Vorjahr 2020. In mittelfristiger Betrachtung seit 2017 haben sich vor allem die Bereiche Geothermie (+2.130 Beschäftigte bzw. +120 %), Photovoltaik (+1.980 Beschäftigte bzw. +65 %) sowie Biomasse (+1.180 Beschäftigte bzw. +35 %) sehr positiv entwickelt. Demgegenüber sank die Zahl der Beschäftigten im Bereich Windenergie um 500 Personen bzw. um 10 Prozent.

Im Jahr 2022 hat das Land Hessen im Bereich der nicht-nuklearen **Energieforschung** Mittel in Höhe von insgesamt 47,3 Mio. Euro aufgebracht. Damit lag Hessen im Ranking der Bundesländer hinter Niedersachsen, Bayern und Baden-Württemberg auf dem vierten Platz. Inhaltliche Schwerpunkte bildeten die Förderbereiche Stromnetze, Elektromobilität und Windenergie.

1 Einleitung

Der vorliegende zehnte Monitoringbericht zur Energiewende in Hessen zeigt auf Basis von Daten und Fakten den aktuellen Stand der Umsetzung der Energiewende in Hessen. In bewährter Weise werden die Entwicklungen in allen bedeutenden Handlungsfeldern – Energieverbrauch, Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch, Energieerzeugung, Versorgungssicherheit und 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 Stromverbrauch werden in Kapitel 3 gezeigt. 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 erfassten Daten liegen endgültige Energiebilanzen erst in größeren zeitlichen Abständen vor – für Deutschland derzeit für das Jahr 2022 und für Hessen und die anderen Bundesländer für das Jahr 2021. Um auch über aktuelle Entwicklungen berichten zu können, werden nachfolgend, zusätzlich zu der für das Jahr 2022 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 2023 präsentiert. Zudem werden in Kapitel 3 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 in Gebäuden im Fokus, da sich hier große Potenziale für Energieeinsparungen realisieren lassen. Hierzu werden Daten zur Heizungsstruktur sowohl im

Gebäudebestand als auch 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 (BAFA) aufgezeigt.

In Kapitel 6 rücken die Energieerzeugungsanlagen in Hessen in den Fokus. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den erneuerbaren Energieanlagen. Insbesondere wird aufgezeigt, wie der Ausbau der erneuerbaren Energieanlagen voranschreitet und wie sich 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/>.

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

Im Fokus von Kapitel 7 stehen die Themen Versorgungssicherheit und Netzausbau. Betrachtet werden die Strom- und Gasversorgung sowie das Fernwärmenetz. Neu in das Monitoring aufgenommen wurde das Wasserstoffnetz.

Kapitel 8 zeigt die Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Energieeffizienz im Verkehrssektor. Von besonderem Interesse ist hier die aktuelle Entwicklung in der Elektromobilität, die im Jahr 2023 – noch gefördert durch einen Umweltbonus – eine hohe Dynamik aufweist.

Kapitel 9 stellt die bisherige Entwicklung der Treibhausgasemissionen differenziert nach Gasen und Quellgruppen dar. Berechnet wird zudem, 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 Entwicklungen von Energiekosten und -preisen, die Investitionen in erneuerbare Energien, die Beschäftigung im erneuerbaren und konventionellen 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 und u. a. mit Hilfe des Klimaplanes Hessen.

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

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

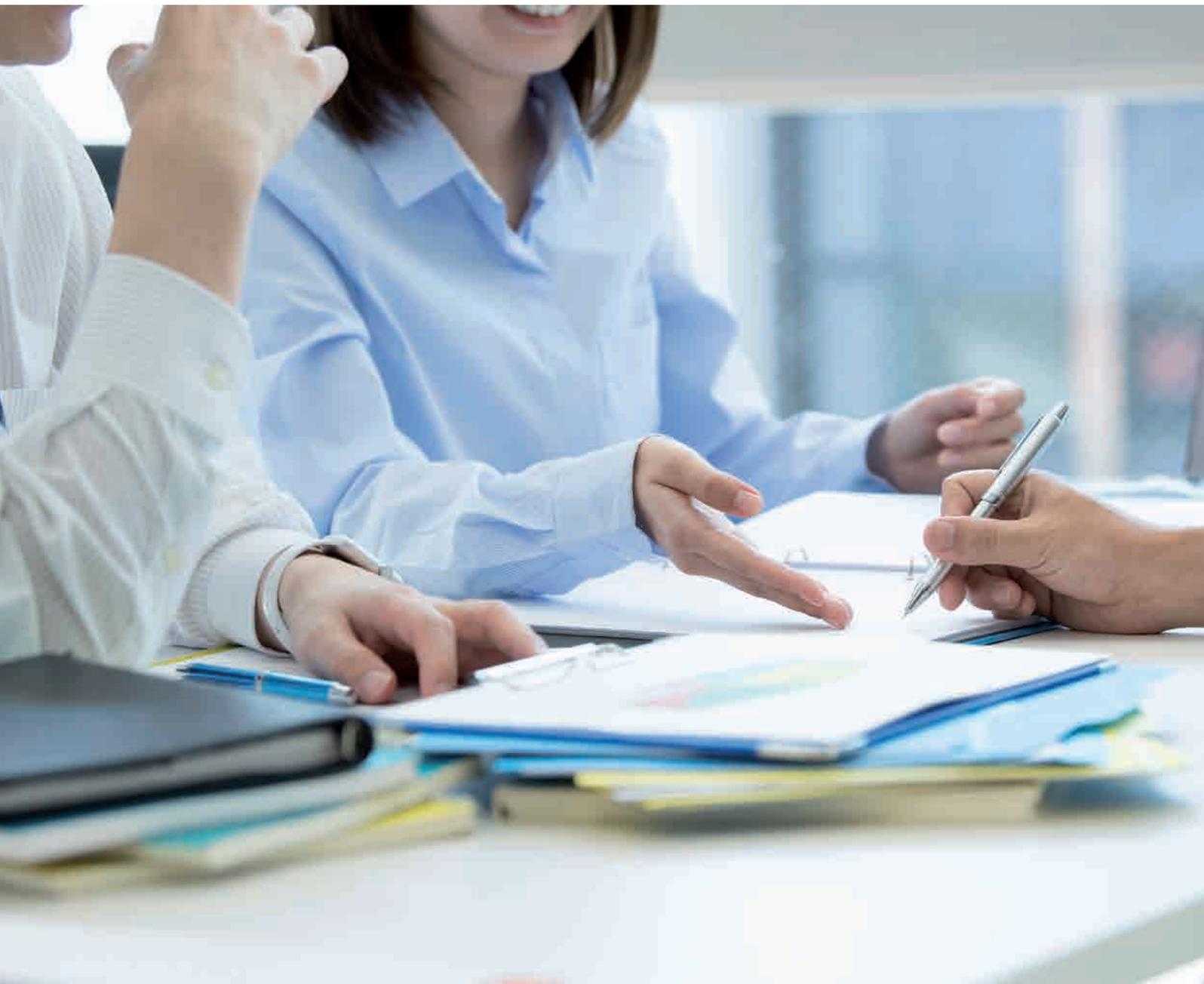
Die Hessen Agentur hat den Monitoringbericht im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum (HMWVW) erstellt. Die Bearbeitung erfolgte wieder in enger Abstimmung mit dem zuständigen Fachreferat Energiepolitik, Erneuerbare Energien, Energietechnologien im HMWVW 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 und die jederzeit konstruktiv geführten Diskussionen vielmals gedankt.

Redaktionsschluss für die in diesem Bericht verarbeiteten Daten war der 10. Oktober 2024.

2

Ziele der Energiewende und Indikatoren des Energiemonitorings



2 Ziele der Energiewende und Indikatoren des Energiemonitorings

Im Bundes-Klimaschutzgesetz wurden im Dezember 2019 erstmals die Klimaschutz- und Sektorziele des Klimaschutzplans gesetzlich festgelegt. Nach dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichtes vom 24. März 2021 zur Konkretisierung der Regelungen im Klimaschutzgesetz (KSG) von 2019 und zur Festlegung der Reduktionsziele für die Jahre nach 2030 hat die Bundesregierung das KSG im August 2021 erstmals novelliert. Dabei wurde auch der Verschärfung der Klimaziele auf europäischer Ebene Rechnung getragen. Die zentralen Elemente der KSG-Novelle sind die Erhöhung des Ziels der Treibhausgasminderung gegenüber 1990 um 10 Prozentpunkte auf mindestens 65 Prozent bis 2030, die Verschärfung der Sektorziele bis 2030 und das Ziel der Treibhausgasneutralität bereits im Jahr 2045, also fünf Jahre früher als zuvor (siehe Kapitel 9). Im Juli 2024 ist die zweite Änderung des KSG in Kraft getreten (KSG 2024). Unter Beibehaltung der bisherigen Klimaziele liegt der Fokus nun auf der Zielerreichung insgesamt, wobei die sektoralen Beiträge zur Gesamtreduktion flexibler gehandhabt werden können. Zudem wurde die Bedeutung des Expertenrates für Klimafragen gestärkt.

In Hessen trat am 21. November 2012 das Hessische Energiegesetz in Kraft (HEG 2012), worin u. a. auch das Energiemonitoring für die Umsetzung der Energiewende in Hessen verankert wurde. Vor dem Hintergrund des im Jahr 2021 novellierten Bundesklimaschutzgesetzes hat der Hessische Landtag im Jahr 2023 eine Anpassung der klimapolitischen Ziele einhergehend mit dem Erlass des Hessischen Klimagesetzes (HKlimaG, Hessischer Landtag 2023) sowie der Änderung des Hessischen Energiegesetzes (HEG) beschlossen (Hessischer Landtag 2012 und 2022). Im HKlimaG sind die Klimaziele nahezu identisch zu denen des Bundes formuliert.

Demnach ist 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 vorher geplant war. Weitere Zielvorgaben betreffen die Nutzung der Landesfläche für Windenergie und Photovoltaikanlagen.

Die neue Hessische Landesregierung hält gemäß ihrer Koalitionsvereinbarung an den Zielen des Hessischen Energiegipfels fest. Im Jahr 2026 soll zudem eine Expertenkommission damit beauftragt werden, die Zielerreichung zu überprüfen und zeitnah Maßnahmenempfehlungen zu entwickeln (Hessische Landesregierung 2023).

Nachfolgend sind die Ziele aufgeführt:

Ziele der Energiewende in Hessen

- Netto-Treibhausgasneutralität 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 bzw. ab 2032 von 2,2 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 Zunahme von Energieeinsparungen,
- die Förderung des Ausbaus einer möglichst dezentralen und, soweit sinnvoll, zentralen Energieinfrastruktur aus erneuerbaren Energien,
- die Minimierung des Energieeinsatzes bei Baumaßnahmen und Baustoffen und durch
- die Schaffung der gesellschaftlichen Akzeptanz für den Umbau hin zu einer Energieversorgung aus erneuerbaren Energien.

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. Im HEG werden zudem Gemeinden mit mehr als 20.000 Einwohnern verpflichtet, zur Erreichung der Energie- und Klimaziele eine kommunale Wärmeplanung zu entwickeln.

In § 7 Abs. 9 des HKlimaG ist festgelegt, dass "für landeseigene Gebäude bis zum Jahr 2026 ein Plan zu erstellen ist, der festlegt, mit welchen Maßnahmen für die Gebäude Netto-Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 erreicht wird. Die Umsetzung des Plans muss bis spätestens 2028 begonnen werden. Ab dem Jahr 2026 werden in landeseigenen Gebäuden bei der Umrüstung oder Neuausstattung der Gebäudetechnik grundsätzlich nur Anla-

gen verwendet, die auf die Verbrennung fossiler Energieträger verzichten."

In § 11 des HEG ist explizit das Monitoring der hessischen Energiewende festgeschrieben (Hessischer Landtag 2012). 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 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

Energieverbrauch und Energieeffizienz	<ul style="list-style-type: none"> - Primärenergieverbrauch nach Energieträgern - Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren - Brutto- und Nettostromverbrauch - Spezifischer Stromverbrauch der privaten Haushalte - Bruttostromerzeugung nach Energieträgern - Primär- und Endenergieproduktivität der Gesamtwirtschaft - Stromproduktivität der Gesamtwirtschaft - Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes und nach Industriebranchen
Erneuerbare Energien	<ul style="list-style-type: none"> - Anteil erneuerbarer Energieträger am Primärenergieverbrauch nach Energieträgern - Endenergieverbrauch an erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe - Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch - Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern - Kraftstoffverbrauch aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern - Endenergieverbrauch für Wärme
Wärme / Gebäude	<ul style="list-style-type: none"> - Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch - Altersstruktur der Gas- und Ölf Feuerungsanlagen - Beheizung neu errichteter Wohngebäude und Wohnungen - Zubau von Erdwärmesonden - Brennholzverbrauch der privaten Haushalte - Förderung von Gebäudemodernisierung - MAP- und BEG-geförderte erneuerbare Energieanlagen

Fortsetzung Abbildung 2: Indikatorensystem des hessischen Energiemonitorings

Versorgungssicherheit und Netzausbau	<ul style="list-style-type: none"> - Netzausbau der Bundesbedarfsplan- und EnLAG-Vorhaben: Länge, Kennzeichnungen, technische Merkmale, Status des Verfahrens, geplante Inbetriebnahme - Netzoptimierende Maßnahmen - Länge Verteilnetz - Digitalisierung der Stromnetze: Ausstattung von Messlokationen mit smart meter - Investitionen der Netzbetreiber in die Stromnetze - Versorgungssicherheit im Stromnetz: SAIDI, Redispatchmaßnahmen, Netzreservekraftwerke, - Gasnetz und Versorgungssicherheit: Netzlänge, SAIDI, Untertage-Gasspeicher, Füllstand - Wasserstoffnetz: Länge der Transportleitungen - Fernwärmenetz: Netzlänge, mittlere Wärmelinienichte
Verkehr und Elektromobilität	<ul style="list-style-type: none"> - Endenergieverbrauch im Verkehrssektor nach Verkehrsträgern und Energieträgern - Stromverbrauch für Mobilität - Spezifischer Endenergieverbrauch im Straßenverkehr pro Kfz und je Einwohner - Fahrleistung mautpflichtiger Lkw auf hessischen Autobahnen - Pkw nach Antriebsarten - Anträge auf Umweltbonus für Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge
Treibhausgasemissionen	<ul style="list-style-type: none"> - Treibhausgasemissionen nach Gasen und Quellgruppen - Treibhausgasintensität: Treibhausgasemissionen bezogen auf Bevölkerung und BIP - Energiebedingte CO₂-Emissionen nach Sektoren - Vermiedene Treibhausgasemissionen
Gesamtwirtschaftliche Effekte:	
Energiepreise und Energiekosten	<ul style="list-style-type: none"> - Energieausgaben privater Haushalte - Energiekosten der Industrie - Strompreise für Haushalte und Industrieunternehmen - Großhandelsstrompreise - Preise energetischer Rohstoffeinfuhren - CO₂-Preise
Investitionen und Beschäftigte	<ul style="list-style-type: none"> - Investitionen in erneuerbare Energieerzeugungsanlagen - Spezifische Investitionskosten erneuerbarer Energieerzeugungsanlagen - Investitionen hessischer Betriebe zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien - Beschäftigte in der konventionellen Energiewirtschaft - Beschäftigung durch erneuerbare Energien
Forschung und Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> - Förderung der Energieforschung - Patente im Bereich erneuerbarer Energien

Quelle: Hessen Agentur.

Im vorliegenden Monitoringbericht 2024 werden die Indikatoren – wenn entsprechend verfügbar – für den Zeitraum von 2000 bis 2023 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 2024 vorgelegt werden (z. B. Anlagen der erneuerbaren Energieerzeugung, Ladepunkte für Elektrofahrzeuge, Stromnetzausbau, Füllstand Erdgasspeicher).

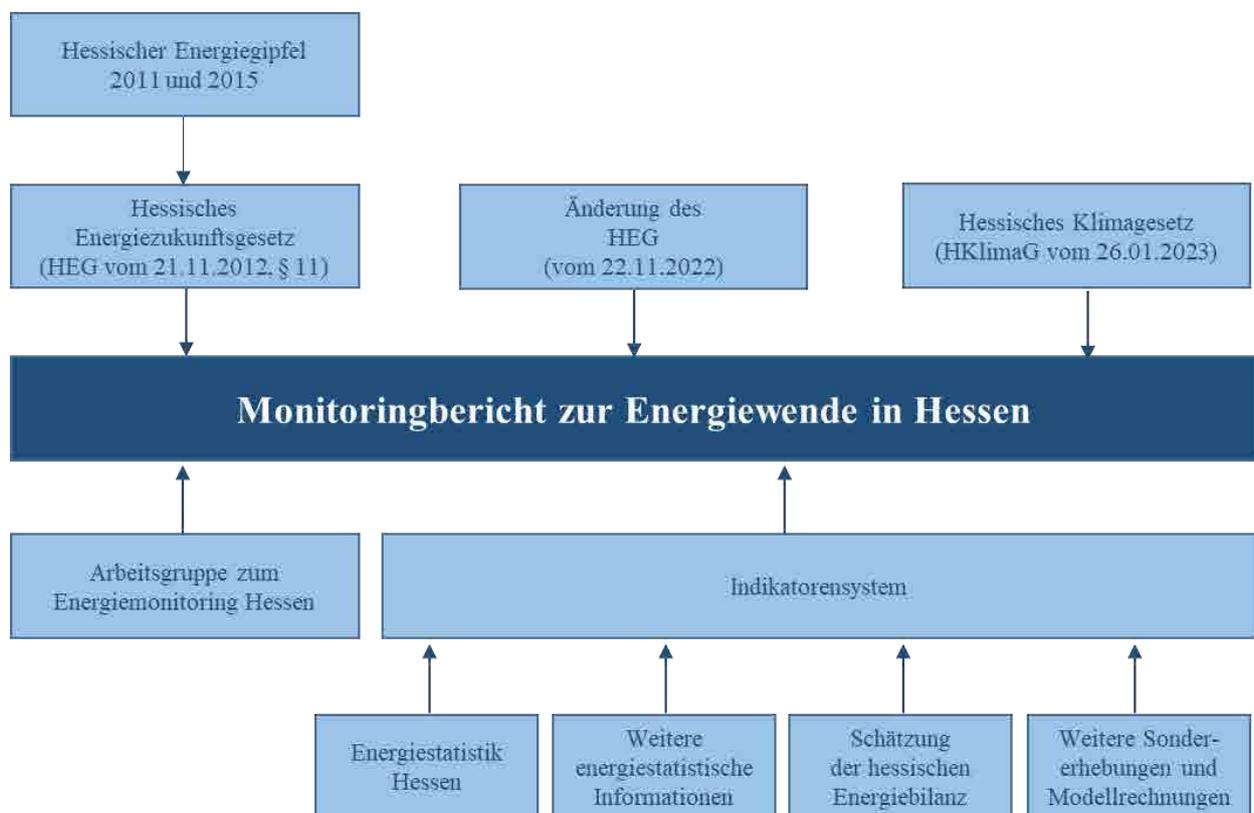
Das hessische Energiemonitoring wird durch eine Arbeitsgruppe mit Vertretern von Forschungsinstitutionen und Verbänden im Energiebereich fachlich begleitet. Folgende Institutionen sind in der Arbeitsgruppe vertreten (alphabetisch geordnet):

- 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

Die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) und die Statistischen Landesämter erstellen jährlich für Deutschland und die Bundesländer Energiebilanzen, die sich grob in die drei Bereiche Primärenergiebilanz, Umwandlungsbilanz und Endenergieverbrauch untergliedern lassen. Die Primärenergiebilanz zeigt den gesamten Energieeinsatz einer Volkswirtschaft differenziert nach Energieträgern. In der Umwandlungsbilanz werden der Energieverbrauch in den Kraftwerken, deren Strom- und Fernwärmegewinnung sowie die dabei entstehenden Fackel- und Leitungsverluste ausgewiesen. Unter Endenergieverbrauch schließlich wird der Energieverbrauch für einzelne Industriebranchen, den Verkehrssektor und die Bereiche private Haushalte sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) dargestellt.

Endgültige Energiebilanzen liegen angesichts der Komplexität der dabei erfassten Daten erst in größeren zeitlichen Abständen vor – für Deutschland derzeit für das Jahr 2022 und für Hessen und die anderen Bundesländer für das Jahr 2021. Um auch über aktuelle Entwicklungen berichten zu können, werden nachfolgend, zusätzlich zu der für das Jahr 2022 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 2023 präsentiert.

Im März 2024 hat die AGEB die Berechnung zum Primärenergieverbrauch für Deutschland im Jahr 2023 veröffentlicht (AGEB 2024). Demnach beziffert sich der Primärenergieverbrauch auf 10.735 Petajoule (PJ). Das sind 8,1 Prozent weniger als im Vorjahr und insgesamt der niedrigste Wert seit der Wiedervereinigung. Zu diesem Tiefststand hat vor allem ein Wachstumsverlust der deutschen Wirtschaft beigetragen, der sich auf einen Rückgang des realen Bruttoinlandsproduktes (BIP) in Höhe von 0,3 Prozent im Vergleich zum Vorjahr bezieht. Hinzu kommen eine insbesondere in der Heizperiode mildere Witterung als im Vorjahr sowie infolge des Russland-Ukraine-Kriegs weiterhin hohe Energiepreise. Verbrauchssteigernd wirkten sich für Deutschland im Jahr 2023 allein die Bevölkerungszunahme um rund 300.000 Menschen aus.

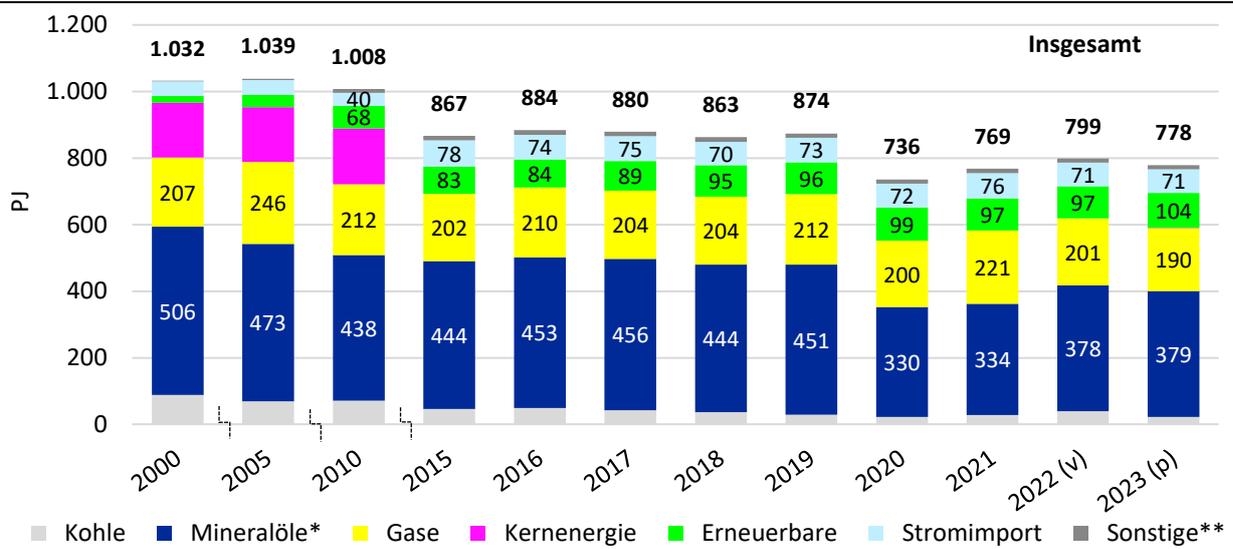
Hessen konnte im Gegensatz zur Bundesentwicklung einen Anstieg des realen BIP in Höhe von 1,2 Prozent verzeichnen. Dazu beigetragen haben sowohl das Verarbeitende Gewerbe mit einer Zunahme der realen Bruttowertschöpfung (BWS) um 0,3 Prozent (Deutschland -0,3 %) als auch der in Hessen bedeutende Dienstleistungssektor, in dem sich die reale BWS um 2,0 Prozent erhöhte und damit sehr viel stärker als im Bundesdurchschnitt (+0,5 %). Von der Bevölkerungsentwicklung gingen mit einem Anstieg in Höhe von etwa 35.000 Personen für Hessen leicht stimulierende Effekte für den Energieverbrauch im Jahr 2023 aus.

3.1 Primärenergieverbrauch

Für das Jahr 2023 schätzt das IE-Leipzig für Hessen einen Primärenergieverbrauch (PEV) in Höhe von 778,2 Petajoule (PJ) und damit einen Rückgang von 20,7 PJ bzw. 2,6 Prozent (siehe Abbildung 4).¹ Damit bleibt der PEV weiterhin deutlich unter dem Vor-Corona-Niveau, das sich in den Jahren 2015 bis 2019 mit geringen, überwiegend witterungsbedingten Schwankungen um Werte von 870 PJ bewegte.

Der ausgeprägte Rückgang des PEV zwischen 2010 und 2015 ist auf die Stilllegung des Kernkraftwerkes Biblis im Jahr 2011 zurückzuführen.²

- 1 Alle Angaben für das Jahr 2023 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 2000-2023 (in PJ)

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

Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

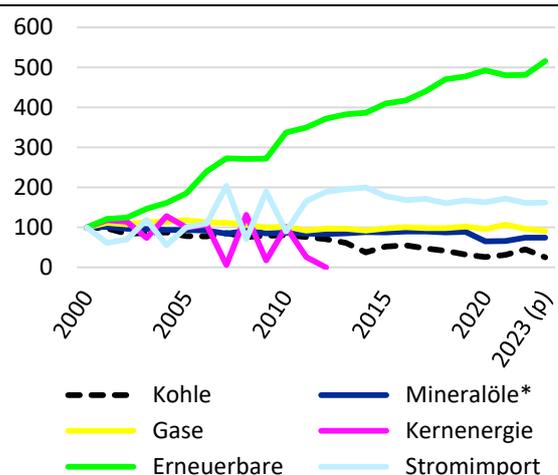
Primärenergieverbrauch nach Energieträgern

Der Rückgang des PEV im Jahr 2023 ist vor allem darauf zurückzuführen, dass der Einsatz von Kohle, der im Vorjahr als Substitut für Erdgas deutlich zugenommen hatte, wieder stark um 17,9 PJ bzw. 44,6 Prozent zurückging und sich fast halbierte (siehe Abbildung 5). Zudem hielt das Bemühen, Erdgas weiter einzusparen, an. Mit 190 PJ lag der PEV von Erdgas um 11,2 PJ bzw. 5,6 Prozent unter dem Vorjahresniveau und erreichte damit den niedrigsten Stand seit 2000.

Höhere Windgeschwindigkeiten und ein hoher Zubau von PV-Anlagen schlugen sich in einem deutlichen Anstieg der erneuerbaren Energien nieder, die sich um 6,9 PJ bzw. 7,1 Prozent erhöht haben. Leichte Zunahmen verzeichneten zudem der Verbrauch von Mineralölen (+1,0 PJ bzw. +0,3 %), der Stromimporte (+0,2 PJ bzw. +0,3 %) und der Sonstigen Energieträger (+0,1 PJ bzw. +1,0 %).

Mit Blick auf die Zusammensetzung der Energieträger dominieren Mineralöle zu fast der Hälfte (49 %) den PEV auch im Jahr 2023. Auf Gase entfallen noch 24 Prozent, spürbar weniger als vor dem Russland-Ukraine-Krieg (2021: 29 %). Erneuerbare Energien konnten den Anteil auf 13,4 Prozent erhöhen (2022: 12,2 %), auf Stromimporte entfielen wie im Vorjahr 9 Prozent und auch für die Gruppe der Sonstigen Energieträger blieb der Vorjahresanteilswert mit 2 Prozent unverändert. Deutlich verringert hat sich hingegen der Anteilswert der Kohle von 5 Prozent im Jahr 2022 auf 3 Prozent im Jahr

2023. Wie aus Abbildung 5 ebenfalls ersichtlich wird, wächst der PEV erneuerbarer Energien langfristig sehr dynamisch und hat sich seit dem Jahr 2000 mehr als verfünffacht. Ersichtlich wird zudem der starke Rückgang von Kohle am aktuellen Rand.

Abbildung 5: Indexentwicklung des PEV nach Energieträgern 2000-2023 (Index 2000 = 100)

* einschl. Flüssiggas

Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Die Stromimporte sind bei Produktionsunterbrechungen und insbesondere nach endgültiger Stilllegung des Kernkraftwerks Biblis kurzfristig deutlich angestiegen. Seit dem Jahr 2016 blieb das Niveau mit leichten Schwankungen nahezu konstant. Der Einsatz von Kohle ist von 88,5 PJ im Jahr 2000 auf 22,2 PJ im Jahr 2023 zurückgegangen, was einem Rückgang um drei Viertel entspricht. Demgegenüber blieben die Anteilswerte von Gas und Mineralöl seit 2000 bis fast an den aktuellen Rand 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 65,2 Indexpunkte. Mit Belebung insbesondere des Flugverkehrs ging im Jahr 2023 wieder ein Anstieg auf 75 Indexpunkte einher. Der Indexwert von Erdgas lag im Jahr 2023 mit 91,5 sowohl unter dem Niveau des Ausgangsjahres 2000 (100) als auch des Vorjahres 2022 (96,8).

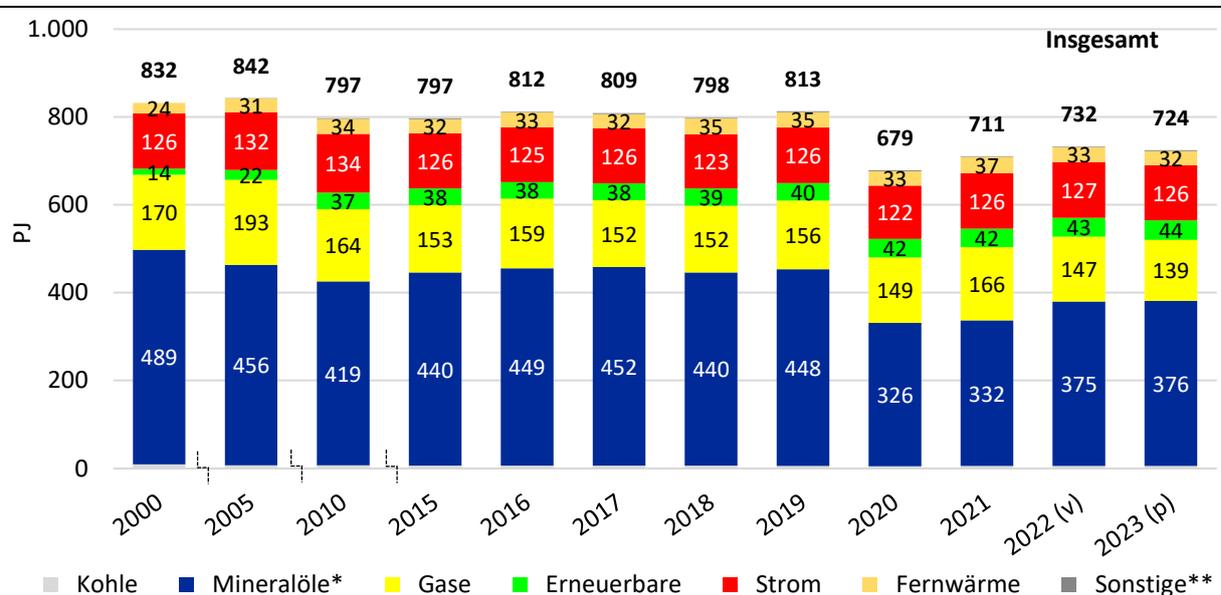
3.2 Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch (EEV) einer Volkswirtschaft ist die Energie, die von Endverbrauchern in den Sektoren Industrie, Gewerbe / Handel / Dienstleistungen (GHD), 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 bezifferte sich der EEV im Jahr 2023 in Hessen auf insgesamt 724 PJ und liegt damit um 8,3 PJ bzw. 1,1 Prozent niedriger als im Vorjahr (siehe Abbildung 6).

Zur Einordnung: Im Zeitraum von 2010 bis 2019 vor der Corona-Pandemie bewegte sich der EEV mit leichten Schwankungen um das Niveau von 800 PJ. Im ersten Corona-Jahr 2020 sank der EEV auf ein Rekordtief von 679 PJ, was vor allem auf einen länger anhaltenden Stillstand auf dem Frankfurter Flughafen zurückzuführen war, der sich in einem signifikanten Rückgang des Mineralölverbrauchs niederschlug. Mit einsetzender wirtschaftlicher Belebung stieg der EEV dann wieder an, war im Jahr 2023 aufgrund der milden Witterung und geringer konjunktureller Impulse aber wieder rückläufig.

Abbildung 6: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000-2023 (in PJ)



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

Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Endenergieverbrauch nach Energieträgern

Ähnlich wie beim PEV dürfte der Rückgang des EEV vor allem auf die milde Witterung und die aufgrund hoher Energiepreise unverändert anhaltenden Einsparbemühungen zurückzuführen sein. Am stärksten rückläufig war der Gasverbrauch, der sich nach dem bereits sehr starken Rückgang im Vorjahr (-19 PJ bzw. -11,4 %) nochmals um 8,4 PJ bzw. 5,7 Prozent verringerte. Leicht rückläufig waren zudem der Verbrauch von Strom (-1,3 PJ bzw. -1,1 %), Fernwärme (-0,8 PJ bzw. -2,4 %) und Kohle (-0,2 PJ bzw. -3,4 %). Dem stehen leichte Verbrauchszuwächse bei Mineralöl (+1,7 PJ bzw. +0,4 %) und erneuerbaren Energien (+0,7 PJ bzw. +174 %) gegenüber. Der geringe Verbrauch Sonstiger in Höhe von 1,7 PJ verharrte unverändert auf dem Vorjahresniveau.

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 2003-2023“ in Kapitel 4.2 dargestellt.

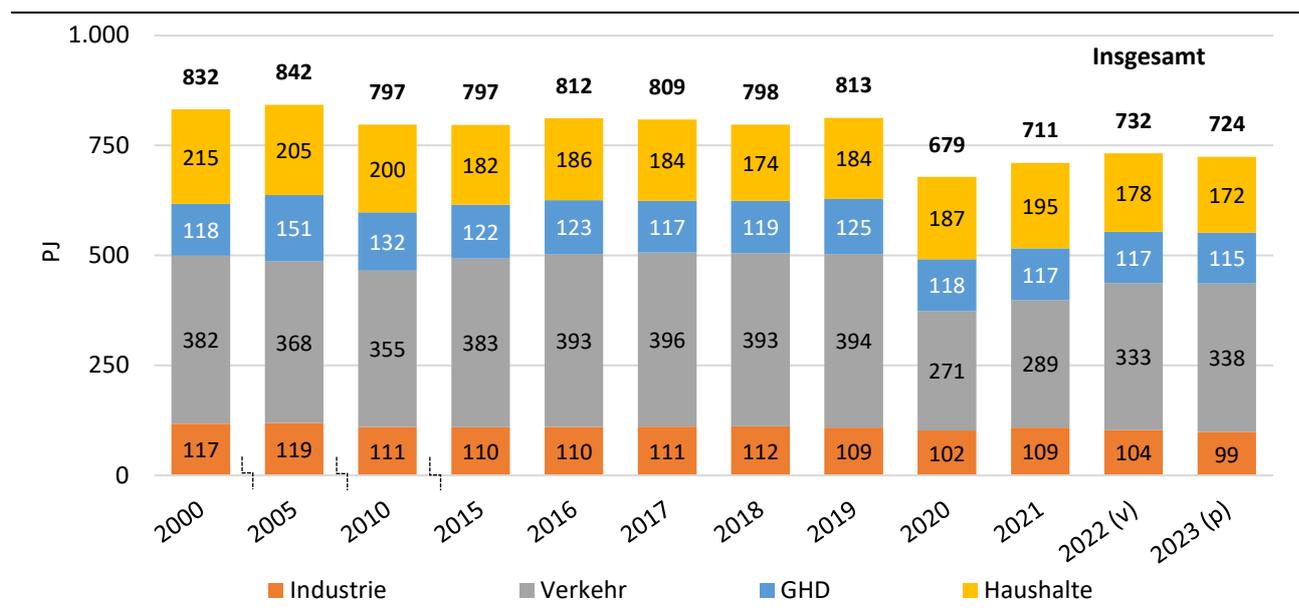
Geprägt wird die Zusammensetzung des EEV durch Mineralöle (52 %), Gase (19 %) und Strom (17 %). Mit Abstand folgen Erneuerbare und Fernwärme mit Anteilswerten von 6 bzw. 4 Prozent. Kohle und Sonstige kommen zusammen auf rund 1 Prozent des gesamten EEV.

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 2023 in etwa verdreifacht.

Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren

Wie bereits im Vorjahr 2022 ist der EEV auch im Jahr 2023 in allen Sektoren mit Ausnahme des Verkehrssektors deutlich zurückgegangen (siehe Abbildung 7). Ebenfalls ähnlich wie im Vorjahr fällt die Abnahme in absoluten Mengen am stärksten im Sektor private Haushalte aus (-6,1 PJ bzw. -3,4 %), gefolgt von der Industrie³ (-5,4 PJ bzw. -5,2 %) und dem Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) (-1,8 PJ bzw. -1,5 %). Der Anstieg des EEV im Verkehrssektor fällt mit 4,9 PJ (+1,5 %) deutlich geringer aus als im Vorjahr (+43,8 PJ).

Abbildung 7: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren 2000-2023 (in PJ)



Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (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.

In langfristiger Betrachtung liegt der EEV des Verkehrssektors im Jahr 2023 um 44,0 PJ und damit 11,5 Prozent unter dem Niveau des Jahres 2000. Dies ist aktuell in absoluter Betrachtung der stärkste Rückgang im Vergleich aller Bereiche. Es folgen private Haushalte mit -42,4 PJ (-19,7 %), Industrie mit -18,7 PJ (-15,9 %) und GHD mit -3,0 PJ (-2,6 %). Mit Blick auf die Vor-Corona-Jahre ist anzumerken, dass der hohe Rückgang des Verkehrssektors noch den Auswirkungen der Corona-Pandemie geschuldet sein dürfte.

Abgesehen von den ausgeprägten Verbrauchsrückgängen am aktuellen Rand war die längerfristige Entwicklung des EEV in den Sektoren Industrie und private Haushalte insbesondere im Zeitraum von 2000 bis 2015 rückläufig und bewegte sich danach mit leichten Schwankungen um das damals erreichte Niveau. Auch im Sektor GHD verlief die EEV-Entwicklung in etwa seit 2015 stabil mit geringen Schwankungen um das Ausgangsniveau. Davor zeichnete sich der Verlauf für den GHD-Sektor allerdings im Gegensatz zu Industrie und privaten Haushalten zunächst durch eine ausgeprägte Zunahme auf 151 PJ im Jahr 2005 aus (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“.

Die hessische Industrie verzeichnete nach ersten Berechnungen der Arbeitsgemeinschaft der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen des Bundes und der Länder im Jahr 2023 eine leichte Zunahme der Bruttowertschöpfung (BWS) in Höhe von 0,3 Prozent. Damit entwickelte sich die hessische Industrie geringfügig besser als im Bundesdurchschnitt (-0,3 %), konnte aber auch keine spürbare Wachstumsdynamik entwickeln. Dies spiegelt sich auch im Energieverbrauch der hessischen Industrie wider, der sich aufgrund hoher Energiepreise und einer insgesamt schwachen konjunkturellen Entwicklung um 5,4 PJ (-5,2 %) gegenüber dem Vorjahr verringerte (siehe Abbildung 8). Wie bereits im Vorjahr hat sich am stärksten der Gasverbrauch verringert (-2,8 PJ bzw. -16,1 %), gefolgt von Strom (-1,7 PJ bzw. -4,8 %). Aber auch alle anderen Energieträger hatten rückläufige Verbräuche zu verzeichnen, die sich zusammen auf 0,8 PJ addieren.

Der EEV in der Industrie wird von Strom und Gasen geprägt, auf die im Jahr 2023 jeweils rund ein Drittel (Strom: 34,8 % und Gase: 33,1 %) entfielen. Es folgen Fernwärme und erneuerbare Energieträger mit

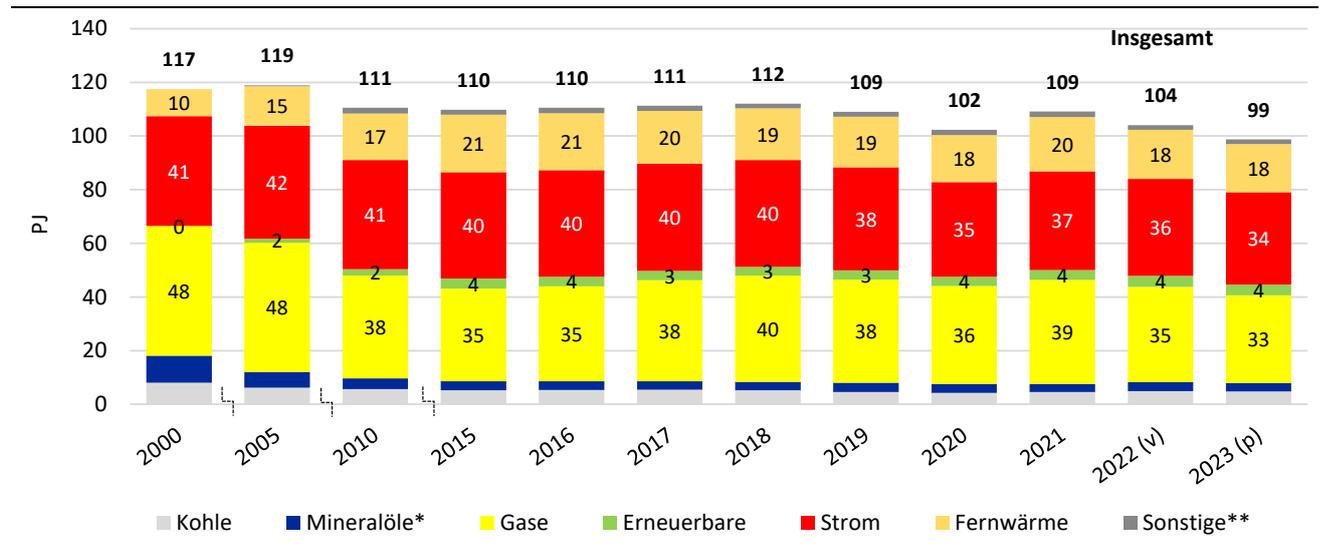
18,2 Prozent bzw. 4,1 Prozent. Beide Energieträger haben in längerfristiger Betrachtung erheblich an Bedeutung gewonnen. Demgegenüber ist die Bedeutung der Energieträger Mineralöle von 10,1 Prozent im Jahr 2000 auf 3,2 Prozent im Jahr 2023 und Kohle von 8,0 Prozent im Jahr 2000 auf 4,8 Prozent im Jahr 2023 deutlich gesunken.

Auch im Sektor GHD war der Rückgang des EEV im Jahr 2023 in Höhe von 1,8 PJ (-1,5 %) vor allem durch den rückläufigen Gasverbrauch (-2,5 PJ bzw. -6,3 %) geprägt (siehe Abbildung 9). Ebenfalls rückläufig waren Mineralöle (-0,3 PJ bzw. -2,1 %) und Fernwärme (-0,2 PJ bzw. -2,4 %). Demgegenüber hat der Verbrauch von Strom und erneuerbaren Energien um zusammen 1,1 PJ zugenommen.

Strom (45,6 %) und Gase (32,0 %) prägen zusammen zu über drei Viertel (77,6 %) die Zusammensetzung des EEV nach Energieträgern im Sektor GHD im Jahr 2023. Auf Mineralöle, Fernwärme und Erneuerbare entfallen Anteilswerte von 12,0 Prozent, 6,1 Prozent und 4,3 Prozent. Kohle und Sonstige tragen kaum zum EEV der GHD bei. 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. In längerfristiger Betrachtung war der Bedeutungsrückgang von Gas und insbesondere Mineralölen stark ausgeprägt. Demgegenüber hat die Bedeutung von Strom für die Energieversorgung tendenziell zugenommen.

Der EEV der privaten Haushalte ist im Jahr 2023 um 6,1 PJ (-3,4 %) im Vergleich zum Vorjahr auf den im betrachteten Zeitraum bislang niedrigsten Wert in Höhe von 172,3 PJ zurückgegangen (siehe Abbildung 10). Maßgeblich hierfür dürften die milde Witterung und hohe Energiepreise gewesen sein. Wie bereits bei der Industrie und im Sektor GHD konzentriert sich der Rückgang auf den Energieträger Gas (-3,1 PJ bzw. -4,3 %). Ebenfalls rückläufig waren die Verbräuche von Mineralölen (-2,1 PJ bzw. -5,5 %) und von Strom (-1,1 PJ bzw. -3,3 %). Leicht zugenommen hat hingegen der Verbrauch von Erneuerbaren (+0,7 PJ bzw. +2,7 %), wobei es sich überwiegend um Brennholz handelt. 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.

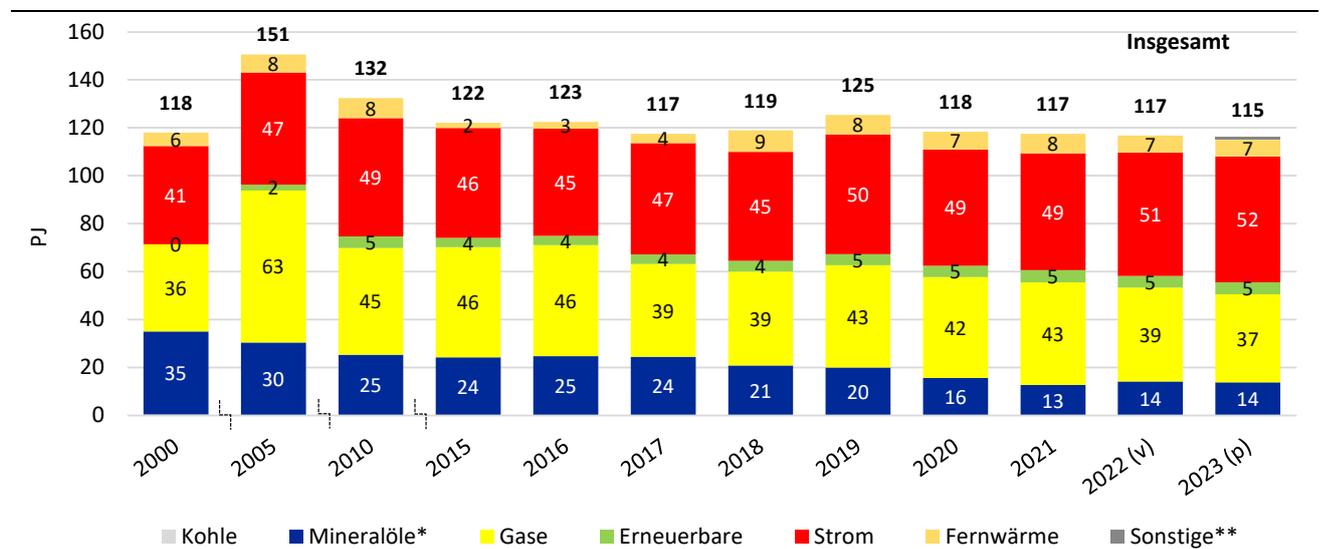
Abbildung 8: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in der Industrie nach Energieträgern 2000-2023 (in PJ)



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

Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

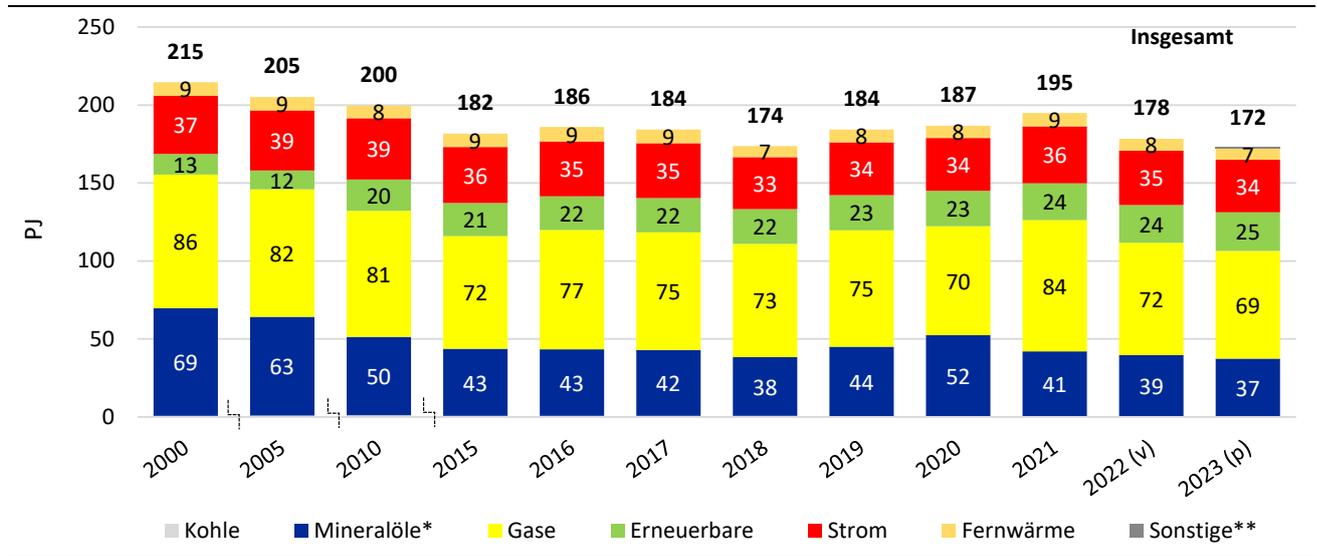
Abbildung 9: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen nach Energieträgern 2000-2023 (in PJ)



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

Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Abbildung 10: Entwicklung des Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte nach Energieträgern 2000-2023 (in PJ)



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

Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Bei langfristiger Betrachtung hat sich der EEV der privaten Haushalte zwischen 2000 und 2023 um 42,4 PJ bzw. 19,7 Prozent verringert. Dieser Rückgang fand zunächst vor allem bis zum Jahr 2011 statt und bewegte sich danach bis zum Jahr 2020 um den Wert von 185 PJ. Im Jahr 2021, geprägt durch eine kühle Witterung und die Auswirkungen der Corona-Pandemie, stieg der EEV der privaten Haushalte vorübergehend wieder an, ist infolge der Einsparbemühungen als Reaktion auf den Russland-Ukraine-Krieg aber wieder deutlich gesunken. Deutlich spiegeln sich in der längerfristigen Betrachtung auch Witterungseinflüsse in Abweichungen nach oben in besonders kühlen Jahren wie z. B. dem Jahr 2021 und nach unten in besonders milden Jahren wie z. B. den Jahren 2018 und 2023 wider.

Differenziert nach Energieträgern war zwischen den Jahren 2000 und 2023 insbesondere der Verbrauch von Mineralölen (-32,0 PJ bzw. -46,3 %) deutlich rückläufig, aber auch der Einsatz von Gas (-16,7 PJ bzw. -19,5 %) hat langfristig an Bedeutung verloren. Demgegenüber haben erneuerbare Energien (+11,6 PJ bzw. +87,7 %) eine signifikante Zunahme zu verzeichnen, hauptsächlich bedingt durch Zunahmen von Holz- und Pelletöfen, aber auch von Solarthermieanlagen (siehe Kapitel 5.3). 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. Ebenso erfolgt die Erfassung von Wärmepumpen nicht unter erneuerbaren Energien, sondern unter der Rubrik Strom.

3.3 Stromerzeugung und Stromverbrauch

Im Jahr 2023 wurden in Hessen insgesamt 17,7 Terawattstunden (TWh) an Bruttostrom erzeugt und 37,4 TWh verbraucht (siehe Abbildung 11). Die Differenz zwischen Erzeugung und Verbrauch wird durch den Stromausgleich in Höhe von 19,7 TWh geschlossen. Im Vergleich zum Vorjahr haben sich der Bruttostromverbrauch um 0,4 TWh (-1,1 %) und die Bruttostromerzeugung um 0,5 TWh (-2,6 %) verringert. Dadurch hat sich der Stromausgleich leicht um 0,1 TWh (+0,3 %) auf 19,8 TWh erhöht.

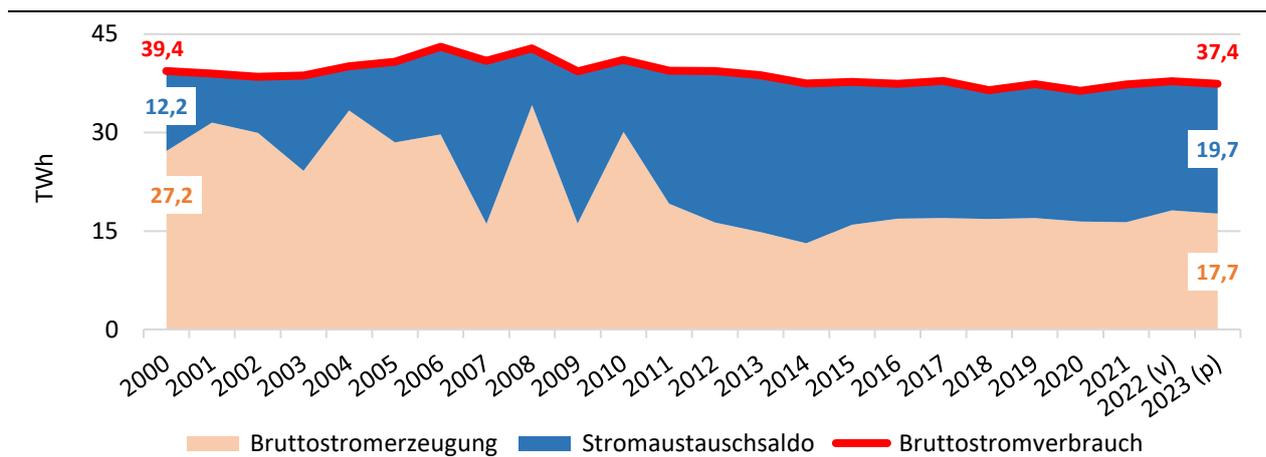
Insgesamt hat Hessen im Jahr 2023 mehr als die Hälfte seines Bruttostromverbrauchs (52,8 %) aus anderen Bundesländern bzw. aus dem Ausland bezogen. Die Einbindung in das deutsche und europäische Fernübertragungsnetz ist daher für die Versorgungssicherheit des Landes Hessen von hoher Bedeutung (siehe 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 Abschaltungen 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, stehen tendenziell rückläufige Stromverbräuche in den Sektoren Industrie und private Haushalte einem tendenziell steigenden Stromverbrauch im Sektor GHD gegenüber. Ursächlich hierfür dürfte die Zunahme der zum Sektor GHD zählenden sehr stromintensiven Rechenzentren sein, für

die eine besondere lokale Konzentration in und um Frankfurt festzustellen ist. Allein im Stadtgebiet Frankfurt ist der Stromverbrauch für Rechenzentren im Zeitraum von 2017 bis 2022 auf 2,4 TWh angestiegen und hat sich damit mehr als verdoppelt (Borderstep 2023a).

Abbildung 11: Entwicklung von Bruttostromerzeugung, -verbrauch und Stromaustauschsaldo 2000-2023
(in TWh)



Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

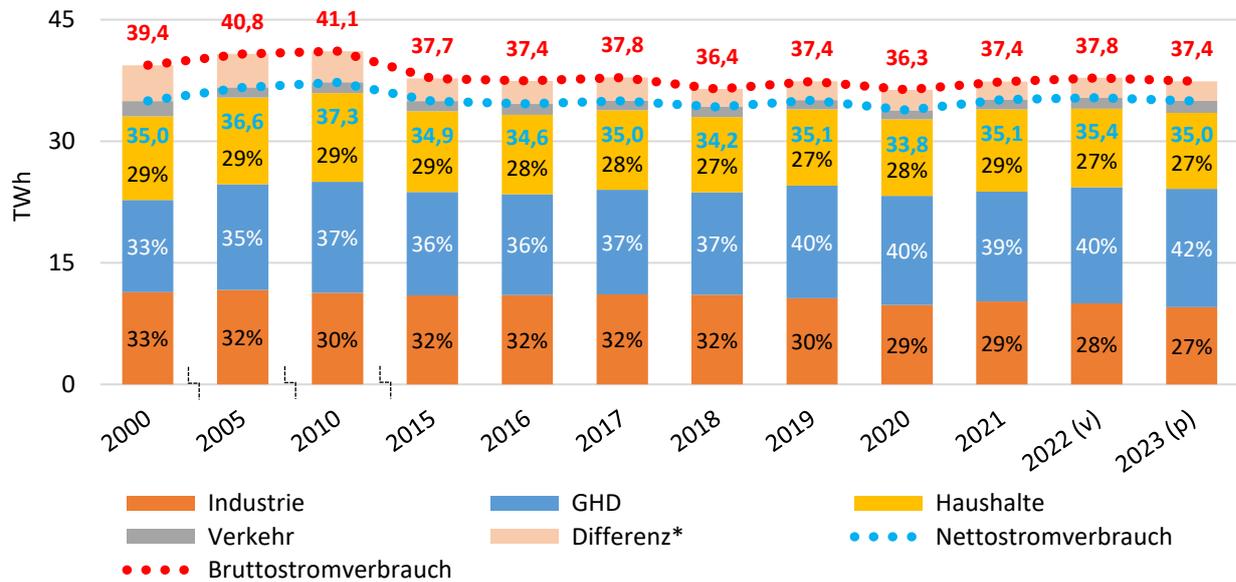
Brutto- und Nettostromverbrauch

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.

Nach erster Schätzung beziffert sich der Nettostromverbrauch im Jahr 2023 auf 35,0 TWh, was einem leichten Rückgang gegenüber dem Vorjahr in Höhe von 0,4 TWh bzw. 1,1 Prozent entspricht. Ursächlich für den rückläufigen Verbrauch sind vor allem die Einsparbemühungen in den Sektoren Industrie (-0,5 TWh bzw. -4,8 %) und private Haushalte (-0,3 TWh bzw. -3,3 %) aufgrund hoher Strompreise. Der Rückgang dieser beiden Sektoren war größer als die Verbrauchszuwächse von Strom im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (+0,3 TWh bzw. +2,0 %) und im Verkehrssektor (+0,1 TWh bzw. +10,5 %). Der hohe relative Anstieg im Verkehrssektor ist auf das nach wie vor niedrige Ausgangsniveau zurückzuführen.

Insgesamt wirken sich diese geringen sektoralen Nachfrageveränderungen kaum auf die strukturelle Zusammensetzung des Nettostromverbrauchs aus: Mit 41,7 Prozent hatte der GHD-Sektor die größte Stromnachfrage in Hessen und verzeichnet gegenüber dem Vorjahr einen leichten Anteilsgewinn (Vorjahr: 40,4 %). Zudem erhöhte sich der Stromanteil im Verkehrssektor auf 4,3 Prozent (Vorjahr: 3,8 %). Private Haushalte mit 26,8 Prozent (Vorjahr: 27,4 %) sowie die Industrie mit 27,3 Prozent (Vorjahr: 28,4 %) haben hingegen leicht rückläufige Anteilswerte zu verzeichnen.

Im hohen Stromverbrauch des Dienstleistungssektors zeigt sich dessen Bedeutung für die hessische Wirtschaft. Nach einer Befragung zur Bewertung der Rechenzentrumsstandorte in Deutschland ist Hessen mit der Region FrankfurtRheinMain mit Abstand der attraktivste Standort für Rechenzentren, deutlich vor Berlin, Bayern und Baden-Württemberg (Borderstep 2023b). Dies dürfte sich auch zukünftig in einer hohen und tendenziell steigenden Stromnachfrage des Sektors GHD niederschlagen. So schätzt die Beratungsagentur Borderstep den Energieverbrauch für den Betrieb von Rechenzentren in Hessen für das Jahr 2030 auf bis zu 6,2 TWh (Borderstep 2021).

Abbildung 12: Entwicklung von Brutto- und Nettostromverbrauch 2000-2023 (in TWh, Anteilswerte in %)

* Verbrauch im Umwandlungssektor / Eigenverbrauch und Übertragungsverluste

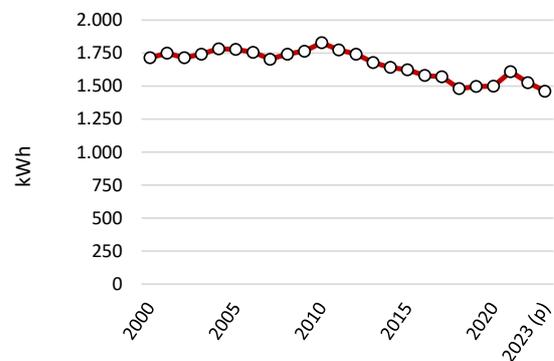
Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Stromverbrauch pro Kopf

Verteilt man den Nettostromverbrauch der privaten Haushalte im Jahr 2023 in Höhe von insgesamt 9,4 TWh auf die rund 6,4 Mio. Einwohner Hessens, so errechnet sich ein Pro-Kopf-Stromverbrauch in Höhe von 1.462 kWh. Das sind 65 kWh (bzw. -4,2 %) weniger als im Jahr zuvor und ergibt den bisher niedrigsten Wert im gesamten Betrachtungszeitraum seit dem Jahr 2000.

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. Zwischen 2010 und 2018 war ein kontinuierlicher Abwärtstrend auf etwa 1.500 kWh und danach – bis auf das Ausnahmejahr 2021 – eine Seitwärtsbewegung zu beobachten (siehe Abbildung 13). 2021 in der Hochphase der Corona-Pandemie – mit Homeoffice, Selbstkochen statt Restaurantbesuche etc. – stieg der Pro-Kopf-Stromverbrauch vorübergehend deutlich um 110 kWh bzw. 7,3 Prozent gegenüber dem Vorjahr an.

Anzumerken ist, dass eine Zunahme von Wärmepumpen und ein wachsender Einsatz von E-Ladesäulen in privaten Haushalten tendenziell zu steigenden Stromverbräuchen führen, wodurch Stromeinsparungen an anderer Stelle kompensiert werden könnten.

Abbildung 13: Stromverbrauch der privaten Haushalte pro Kopf 2000-2023 (in kWh)

Quelle: IE-Leipzig 2024, Berechnungen der Hessen Agentur; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Bruttostromerzeugung nach Energieträgern

In Hessen wurde im Jahr 2023 Bruttostrom im Umfang von 17,7 TWh erzeugt, das sind 0,5 TWh bzw. 2,6 Prozent weniger als im Vorjahr (siehe Abbildung 14). Dieser Rückgang geht mit deutlichen Umstrukturierungen in der Zusammensetzung der Energieträger einher. So hat sich vor allem der Einsatz von Kohle, der sich wegen der Energieverknappung aufgrund des Kriegsbeginns in der Ukraine in Hessen im Jahr 2022 auf 3,4 TWh erhöhte, im Jahr 2023 wieder nahezu auf 1,8 TWh halbiert (-1,6 TWh bzw. -47 %). Zudem war auch der Einsatz von Erdgas zur Stromerzeugung um 0,5 TWh (-10,4 %) rückläufig. Demgegenüber konnte der Einsatz von erneuerbaren Energien deutlich um 1,6 TWh (+18,3 %) ausgeweitet werden.

Diese markanten Änderungen im Energiemix schlugen sich auch signifikant in der Zusammensetzung der Energieträger im Jahr 2023 im Vergleich zum Vorjahr nieder: Während sich der Anteil der erneuerbaren Energien auf den bisherigen Rekordwert von 60 Prozent erhöhte, sanken die Anteile von Gas auf 24 Prozent gegenüber 26 Prozent im Vorjahr und von Kohle auf 10 Prozent

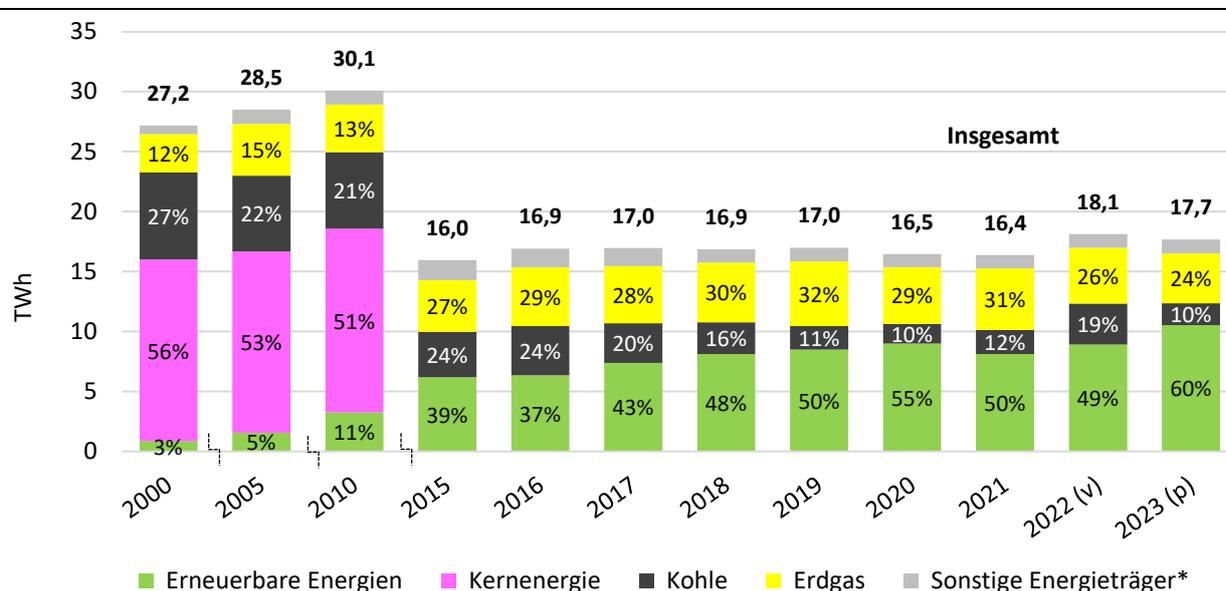
gegenüber 19 Prozent im Vorjahr. Die verbleibenden 6 Prozent der Sonstigen blieben nahezu unverändert auf dem Vorjahresniveau.

Im ersten Halbjahr 2024 wurden nach Schätzung des IE-Leipzig 4,7 TWh Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt, etwa ein Prozent weniger als im sehr windreichen ersten Halbjahr 2023. Dem steht eine hohe Zunahme beim Einsatz von Erdgas zur Stromerzeugung auf 2,7 TWh (+17 %) gegenüber, der den deutlichen Rückgang bei der Kohle auf 0,7 TWh (-36 %) im ersten Halbjahr 2024 mehr als kompensiert. Daraus ergibt sich für erneuerbare Energien im ersten Halbjahr 2024 ein Anteilswert von 57 Prozent an der Bruttostromerzeugung in Hessen.

Bei langfristiger Betrachtung fällt eine massive Veränderung des Energiemix im Vergleich mit dem Jahr 2000 auf. 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 deutlich steigenden Anteilen erneuerbarer Energien.

Abbildung 14: Entwicklung der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern 2000-2023
(in TWh, Anteilswerte in %)



* Mineralöl, nicht biogene Abfälle, Pumpspeicherwerke usw.

Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

3.4 Energieeffizienz

Anmerkung zur Quantifizierung gesamtwirtschaftlicher Energieeffizienzgewinne

Die Steigerung der Energieeffizienz durch Energieeinsparungen ist neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien das zentrale Handlungsfeld der Energiewende in Hessen. 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 Temperaturbereinigungsverfahren 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 in der Regel 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 der 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).⁴ Dies sollte bei der Interpretation der gesamtwirtschaftlichen Effizienzindikatoren bedacht werden. Zu beachten ist zudem, dass die im Folgenden dargestellten Energieproduktivitäten und Energieintensitäten aktuell noch durch die Folgen der Corona-Pandemie und neu hinzugekommen durch die Auswirkungen des Russland-Ukraine-Kriegs beeinflusst werden.

Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen Primär- und Endenergieproduktivität

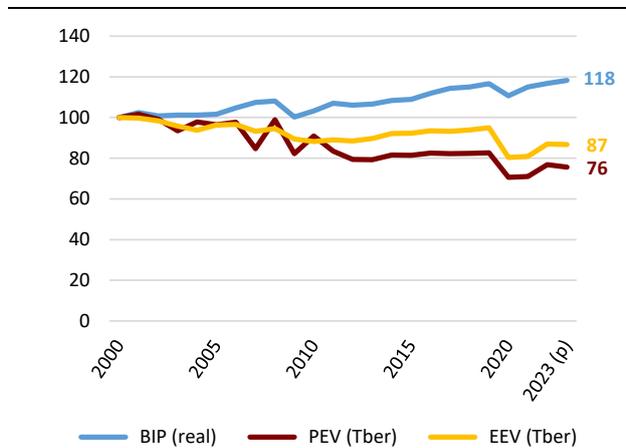
Abbildung 15 zeigt die langfristigen Entwicklungen des Primärenergieverbrauchs (PEV), des Endenergieverbrauchs (EEV) und der hessischen Wirtschaftsleistung, gemessen am realen Bruttoinlandsprodukt (BIP). Dabei wurden die Größen PEV und EEV temperaturbereinigt, da ansonsten z. B. in einem besonders milden 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. Dabei zeigen sich die Auswirkungen der Corona-Pandemie sowohl als markanter wirtschaftlicher Einbruch mit einem deutlichen Rückgang des realen BIP als auch als markante temperaturbereinigte Verbrauchsrückgänge von EEV und PEV im Jahr 2020. In den Jahren 2021 und 2022 setzte dann die wirtschaftliche Wiederbelebung einhergehend mit Zunahmen des Energie-

verbrauchs ein. Durch den Russland-Ukraine-Krieg schwächte sich im Jahr 2023 das Wirtschaftswachstum bereits wieder auf 1,2 Prozent ab, gegenüber 1,5 Prozent im Jahr 2022. Dabei waren temperaturbereinigter EEV und PEV aufgrund der Einsparbemühungen auf breiter Basis sogar rückläufig (PEV: -1,7 %; EEV: -0,2 %).

Langfristig ist das hessische BIP von 2000 bis 2023 preisbereinigt um 18,2 Prozent gestiegen, was einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von 0,7 Prozent entspricht. Diesem Anstieg des realen BIP stehen Rückgänge des gesamtwirtschaftlichen Primärenergieverbrauchs in Höhe von insgesamt 24,4 Prozent bzw. 1,2 Prozent jährlich und des gesamtwirtschaftlichen Endenergieverbrauchs in Höhe von insgesamt 13,3 Prozent bzw. 0,6 Prozent jährlich gegenüber. Dabei vollzog sich der stärkste Rückgang zwischen 2005 und 2012. Danach blieb die Entwicklung des temperaturbereinigten PEV bis zum Jahr 2019 vor der Corona-Pandemie annähernd konstant, der temperaturbereinigte EEV erhöhte sich sogar tendenziell wieder.

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

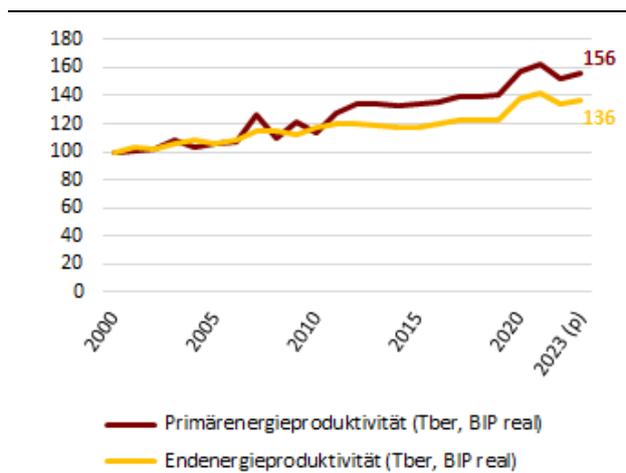
Abbildung 15: Entwicklung von Bruttoinlandsprodukt sowie temperaturbereinigtem Primär- und Endenergieverbrauch (Tber) 2000-2023 (Index 2000 = 100)



Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024, Berechnungen der Hessen Agentur; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

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.

Abbildung 16: Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen temperaturbereinigten Primär- und Endenergieproduktivität (Tber) 2000-2023 (Index 2000 = 100)



Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024, Berechnungen der Hessen Agentur; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Demnach haben im Jahr 2021 – beschleunigt durch die Auswirkungen der Corona-Pandemie – sowohl die Endenergieproduktivität als auch die Primärenergie-

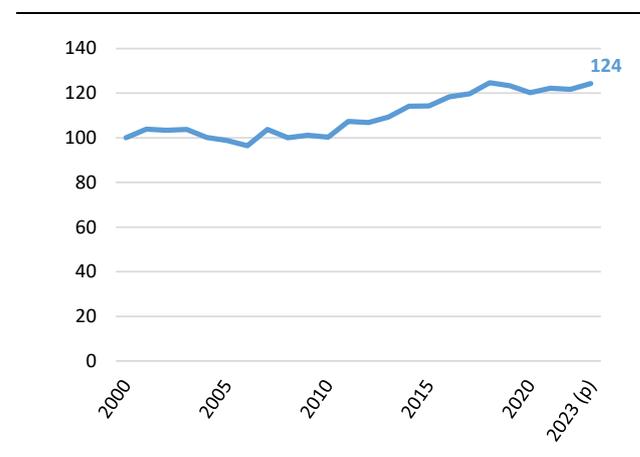
produktivität ihre bisherigen Höchststände mit Indexwerten von 162 bzw. 142 erreicht. Im Jahr 2022 waren beide Indikatoren vorübergehend rückläufig, was vor allem durch eine Normalisierung des Luftverkehrs nach Überwindung der Corona-Pandemie zu erklären ist.

Im Jahr 2023 schlugen sich die gesamtwirtschaftlichen Energieeinsparungen wieder in steigenden Energieproduktivitäten von PEV (+3,0 %) und EEV (+1,5 %) gegenüber dem Vorjahr nieder, die sogar jeweils über den langjährigen Durchschnittswerten liegen. So erhöhten sich über den Gesamtzeitraum von 2000 bis 2023 die Primärenergieproduktivität um 56 Prozent und die Endenergieproduktivität um 36 Prozent, woraus sich durchschnittliche jährliche Anstiege von 2,0 Prozent bzw. 1,4 Prozent ergeben.

Stromproduktivität der Gesamtwirtschaft

Die gesamtwirtschaftliche Stromproduktivität errechnet sich als Quotient aus realem BIP und temperaturbereinigtem Bruttostromverbrauch (siehe Abbildung 17). Durch den leichten BIP-Anstieg und den gleichzeitig rückläufigen Bruttostromverbrauch erhöhte sich im Jahr 2023 die gesamtwirtschaftliche Stromproduktivität um 2,1 Prozent und damit deutlich stärker als im langjährigen Durchschnitt (+1,0 %). So war im Vergleich zum Ausgangsjahr 2000 eine Zunahme um insgesamt 24,4 Prozent zu verzeichnen. Damit wurde der bisherige Höchstwert aus dem Jahr 2018 (+24,6 %) wieder erreicht und die coronabedingte Wachstumsunterbrechung fast vollständig ausgeglichen.

Abbildung 17: Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen temperaturbereinigten Stromproduktivität 2000-2023 (Index 2000 = 100)



Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024, Berechnungen der Hessen Agentur; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes

Die Indikatoren Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes werden als Quotienten aus Energieverbrauch und Bruttowertschöpfung bzw. aus 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 2023 geringfügig um 0,3 Prozent gegenüber dem Vorjahr erhöht. Diese leichte konjunkturelle Erholung ging einher mit einem weiter rückläufigen Energie- und Stromeinsatz des Verarbeitenden Gewerbes. Dabei reduzierte sich der Energieeinsatz um 5,2 Prozent und der Stromverbrauch um 4,9 Prozent.

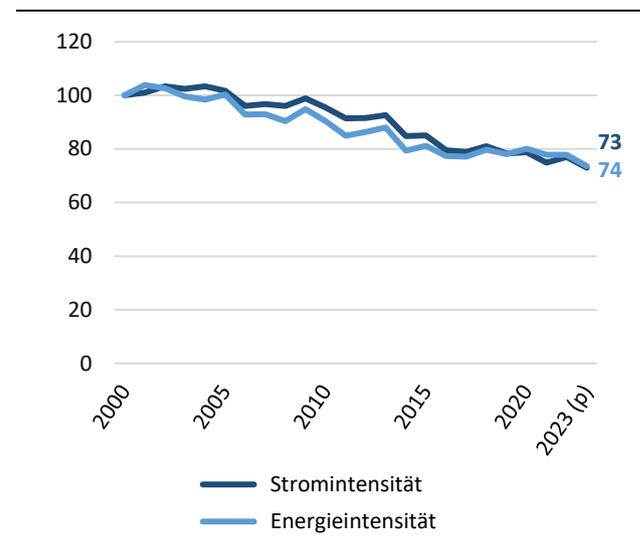
Demnach wurden im Jahr 2023 zur Erzeugung von 1.000 Euro Bruttowertschöpfung 620 kWh Energie und davon 214 kWh Strom verbraucht. Daraus resultiert im Vergleich zum Vorjahr ein starker Rückgang sowohl der Energieintensität (-5,5 %) als auch der Stromintensität (-5,2 %).

Abbildung 18 zeigt dazu die langfristigen Entwicklungen von Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes in Hessen von 2000 bis 2023 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 25 Prozent unter dem Niveau des Jahres 2000. Zur Herstellung einer (Markt-)Preiseinheit Güter wird im Produktionsprozess rund ein Viertel weniger Energie und Strom benötigt, als dies vor 23 Jahren noch der Fall war.

Nach einzelnen Industriebranchen differenzierte Angaben zur Energie- und Stromintensität liegen aktuell für das Jahr 2021 vor.⁵ 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 Stromintensität ein sehr ähnliches Bild

wie bei der Energieintensität. Die Reihenfolge der Branchen ändert sich jedoch leicht. Zudem ist die Spannweite zwischen den Branchen nicht so stark ausgeprägt.

Abbildung 18: Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes 2000-2023
(Index 2000 = 100)



Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024, Berechnungen der Hessen Agentur; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Infolgedessen weist die Branche Herstellung von Holzwaren, Papier und Druckerzeugnissen mit 2.497 kWh Energieverbrauch je 1.000 Euro Bruttowertschöpfung den höchsten spezifischen Energieverbrauch und die Branche Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden mit 1.160 kWh Stromverbrauch je 1.000 Euro Bruttowertschöpfung den höchsten spezifischen Stromverbrauch aller Industriebranchen auf. Mit einem Anteil von zusammen 4,0 Prozent an der gesamten industriellen Bruttowertschöpfung spielen diese Industriebranchen in Hessen allerdings insgesamt nur eine geringe Rolle.

Bezüglich der Energieintensität auf dem dritten Rang folgt die Chemische Industrie, die gemessen am Bruttowertschöpfungsanteil von 11,5 Prozent zu den bedeutendsten Industriebranchen in Hessen zählt. Der spezifische Energie- und Stromverbrauch der Chemischen Industrie von 2.276 kWh bzw. 472 kWh je 1.000 Euro BWS liegt deutlich über dem Industriedurchschnitt von 738 kWh Energie- bzw. 217 kWh Stromverbrauch. Ebenfalls einen überdurchschnittlichen Energie- und Stromverbrauch sowie eine hohe Bedeutung für die hessische Industrie weisen die Branchen Herstellung von

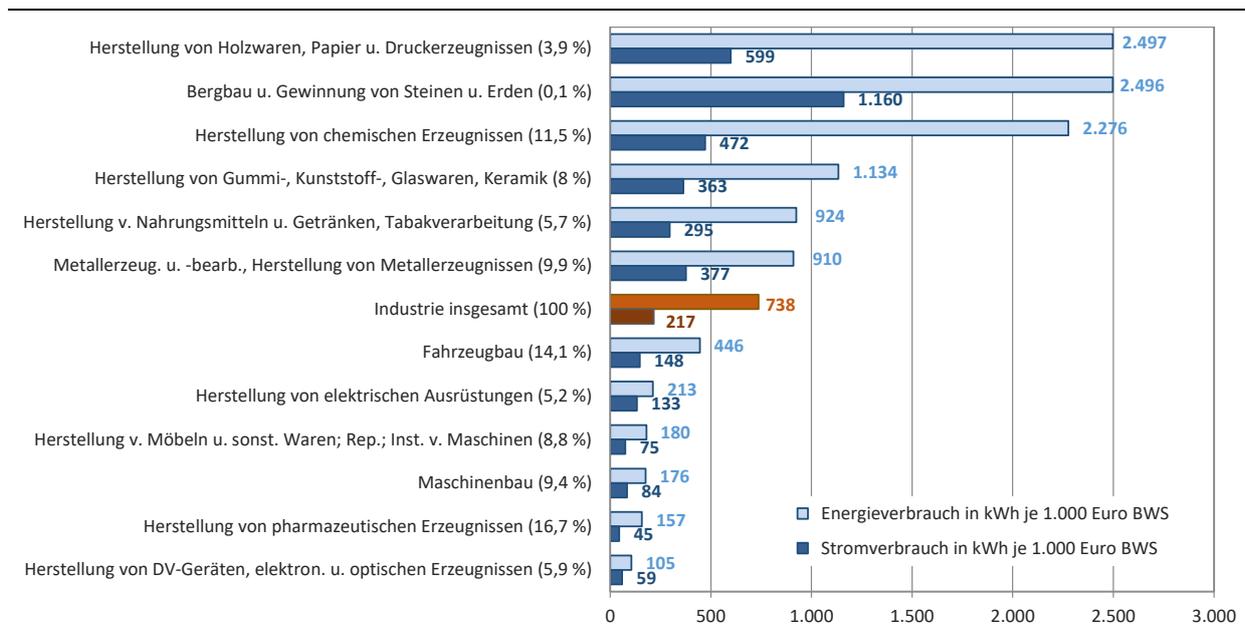
⁵ Während Daten zur Bruttowertschöpfung für das Verarbeitende Gewerbe insgesamt bis zum Jahr 2023 vorliegen, reichen die Angaben zur Bruttowertschöpfung für einzelne Industriebranchen zum Redaktionsschluss nur bis zum Jahr 2021 (HSL 2024b). Zum sektoralen Energieverbrauch am Beispiel des Bergbaus und des Verarbeitenden Gewerbes siehe auch die Erläuterungen im Glossar.

Gummi, Kunststoff, Glas und Keramik sowie Metallherzeugung und Metallbearbeitung auf.

Die Energie- und Stromintensitäten der beiden größten Industriebranchen Herstellung pharmazeutischer Produkte (16,7 % BWS-Anteil) und Fahrzeugbau (14,1 % BWS-Anteil), 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 749 kWh bzw. 222 kWh je 1.000 Euro BWS im Vorjahr 2020 – leicht um 2,4 Prozent bzw. 1,5 Prozent verringert.

Abbildung 19: Energie- und Stromintensität nach Industriebranchen in Hessen 2021
(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 2023, HSL 2024d, Berechnungen der Hessen Agentur.

Wege zu energieeffizienten Gewerbegebieten – neues Serviceangebot der LEA

Gewerbe- und Industriegebiete sind sozialer Kitt, wirtschaftlicher Motor und wichtiger Baustein einer nachhaltigen Stadt- und Regionalentwicklung. Werden die Quartiere als Ganzes betrachtet, lassen sich Synergien schaffen, Effizienzvorteile nutzen und attraktive Wirtschaftsstandorte mit hoher Aufenthaltsqualität entwickeln.

Die LEA Hessen begleitet seit 2024 Kommunen mit einem umfassenden Informations-, Schulungs- und Beratungsangebot auf dem Weg zum energieeffizienten Gewerbegebiet. Neben einem umfangreichen Leitfaden und Informationsmaterialien bietet die LEA regelmäßige kostenfreie Schulungen, Webinare und die Teilnahme an Fachforen an.

Ein gelungenes Beispiel ist das Gewerbegebiet Fechenheim-Nord/Seckbach in Frankfurt am Main: Das Gebiet, das sich durch seine industriellen Wurzeln und Herausforderungen (wie alte Straßen oder historische Gebäudestruktur) auszeichnet, wird seit 2016 zu einem nachhaltigen Gewerbegebiet weiterentwickelt. Im Rahmen des Pilotprojekts werden Zukunftsthemen wie Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und digitale Transformation angepackt.

Weitere Informationen unter:
www.lea-hessen.de/gewerbegebiete



4

Erneuerbare Energien



4 Erneuerbare Energien

Erklärtes Ziel der Hessischen Landesregierung ist die Klimaneutralität bis zum Jahr 2045. Die Darstellung von Fortschritten bei der Strom- und Wärmeerzeugung sowie des Kraftstoffverbrauchs aus erneuerbaren Energien zählt daher zu einer der wesentlichen Aufgaben des Energiemonitorings.

Prinzipiell können die fossilen Brennstoffe Mineralöl, Erdgas und Kohle durch erneuerbare Energien sowohl bei der Strom- und Wärmeerzeugung als auch im Verkehrssektor ersetzt werden. Durch die Verzahnung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr – die sogenannte Sektorenkopplung – soll das Energiesystem optimiert und langfristig die fossilen Energieträger vollständig durch erneuerbare Energieträger substituiert werden. Zu dieser sektorübergreifenden Vernetzung wurde von der LandesEnergieAgentur Hessen eine umfangreiche Meta-studie herausgegeben (LEA 2022).

Durch Sektorenkopplung können beispielsweise strombetriebene Wärmepumpen sehr effizient Wärme erzeugen oder im Verkehrssektor kann Strom in batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen direkt für Mobilitätszwecke genutzt werden. Zudem 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, genutzt werden und dadurch fossile Brennstoffe ersetzen können. 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).

Da für die Sektorenkopplung auch grüner Wasserstoff zunehmend eine zentrale Rolle spielen wird, wurde in der LandesEnergieAgentur Hessen speziell eine 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 leisten, da Wasserstoff und darauf basierende Derivate sehr gut über längere Zeit speicherbar sind. Zudem bietet Wasserstoff die Möglichkeit, erneuerbare Energien in verschiedenen Anwendungen in der Mobilität und der Industrie, die für eine Direktelektrofizierung nur schwer zugänglich sind, zum Einsatz zu bringen (Sektorenkopplung). Der Umgang mit Wasserstoff ist in vielen Fällen gut 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 von 2022 setzt den Rahmen für die Aktivitäten des Landes und den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft.

Überblick zu Vorhaben und Aktivitäten im Land

Um die sich abzeichnenden, großskaligen Wasserstoffbedarfe adäquat versorgen zu können, wurden die Planungen für eine leitungsgebundene Versorgungsinfrastruktur weiter konkretisiert. Von den Ferngasnetzbetreibern wurde in Abstimmung mit der Bundesnetzagentur und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz ein Wasserstoff-Kernnetz modelliert mit dem Ziel, deutschlandweit wesentliche Wasserstoffstandorte anzubinden. Die Gesamtlänge des Kernnetzes beträgt 9.040 km. Das Kernnetz besteht zum überwiegenden Teil (ca. 60 %) aus umgestellten Erdgasleitungen. Die Investitionskosten belaufen sich nach Angaben der Bundesnetzagentur auf 18,9 Mrd. Euro. Bereits im ersten Planungsentwurf war eine gute Anbindung des Rhein-Main-Gebiets gegeben. Aus hessischer Sicht positiv zu bewerten ist, dass im Antrag der Fernleitungsnetzbetreiber (Stand 22.07.2024) über eine Neubauleitung auch für die nordhessischen Regionen der Anschluss vorgesehen wurde. Die Kosten für das H₂-Kernnetz sollen privatwirtschaftlich über Netzentgelte finanziert werden, ergänzt durch eine subsidiäre finanzielle Absicherung durch den Staat gegen unvorhersehbare Entwicklungen. Nach der beihilferechtlichen Genehmigung durch die EU-Kommission hat die Bundesnetzagentur den formellen Antrag der Fernleitungsnetzbetreiber geprüft und die endgültige Ausgestaltung des Wasserstoff-Kernnetzes am 22. Oktober 2024 genehmigt.

Die Anzahl der öffentlichen **Wasserstofftankstellen** in Hessen (Stand Juli 2024) liegt bei neun, mindestens vier Stationen befinden sich in Bau bzw. Planung. Hinzu kommt eine nicht öffentliche Betriebshoftankstelle.

Neben dem vorherrschenden 700-bar-Betankungsstandard ist an vier Stationen auch eine Betankung mit 350 bar möglich, was insbesondere für Nutzfahrzeuge wichtig ist. An mindestens sechs Standorten ist eine entsprechende Ertüchtigung oder Neubau in Bau bzw. Planung.

Im Anwendungsbereich des **ÖPNV** kommen in Hessen sowohl wasserstoffbetriebene Busse als auch Züge zum Einsatz. Die größte Wasserstoffbusflotte Hessens ist in Frankfurt in Betrieb mit 23 Fahrzeugen im Jahr 2024, weitere Beschaffungen wurden für 2025 angekündigt. Ein Betreiber aus Südhessen hat 23 Wasserstoffbusse bestellt. Bei den Zügen für das Taunusnetz waren bis Ende 2023 alle 27 Fahrzeuge ausgeliefert und einsatzbereit. Weiterhin kamen die Züge jedoch noch nicht auf allen vier vorgesehenen Linien zum Einsatz.

Das Cluster **HyWheels Hessenflotte** als Leuchtturmprojekt im Bereich der Transportlogistik initiierte zu Beginn des Jahres 2024 eine „Lernwerkstatt“, über die interessierte Speditionen die Möglichkeit haben, einen Wasserstoff-Lkw für eine bestimmte Zeit in einem Mietmodell unter Realbedingungen zu testen, als Zwischenschritt zum Aufbau eigener Flotten. Ein erstes Fahrzeug wurde hier bereits in Betrieb genommen, weitere sollen folgen. Parallel zu den Fahrzeugen befinden sich drei Tankstellen in Osthessen mit Bezug zu HyWheels in Bau bzw. Planung.

Der Bau der ersten großindustriellen PtL-Pionieranlage Deutschlands zur Erzeugung von **synthetischem Kraftstoff für den Luftverkehr** ist weitgehend fertiggestellt. Die Anlage wird von der Firma INERATEC errichtet, befindet sich im Industriepark Frankfurt-Höchst und wird bei Erreichen der vollständigen Kapazität jährlich 2.500 Tonnen nachhaltiges E-Fuel produzieren. Bis zum Erreichen dieser Gesamtkapazität wird die Anlage schrittweise in Betrieb genommen. Begleitend dazu werden durch das CENA zwei Begleitforschungsprojekte koordiniert, von denen eines den Betrieb der Fischer-Tropsch-Synthese zur Herstellung von PtL-Kraftstoffen mit einer variablen Bereitstellung von erneuerbarem Strom und das zweite die Aufarbeitung des produzierten E-Fuels zu spezifikationskonformem Kerosin untersucht.

Für den Hochlauf einer **Wasserstoffwirtschaft** mit dem Aufbau von entsprechenden Wertschöpfungsketten gelten regionale systemische Wasserstoffcluster als wichtige Keimzelle. Das Land unterstützt die Bildung derartiger regionaler Strukturen. In Hessen umfassen diese die Regionen Kreis Bergstraße als Teil der Metropolregion Rhein-Neckar, die Region Fulda / Osthessen sowie Nordhessen. Die beiden letztgenannten Regionen sind zudem auch im 2023 neu gegründeten deutschlandweiten „Bund der Wasserstoffregionen“ vertreten.

Ausgewählte Aktivitäten der Landesstelle Wasserstoff

Auf Basis der Hessischen Wasserstoffstrategie wurde Ende 2021 bei der LandesEnergieAgentur in Wiesbaden die „Landesstelle Wasserstoff“ eingerichtet, die an die bisherigen Aktivitäten des Landes in diesem Bereich anknüpft. Sie vernetzt Akteure, berät und koordiniert zu konkreten Vorhaben, vermittelt Wissen, prüft und bewertet die infrastrukturellen Rahmenbedingungen und dient als Schnittstelle zu unterschiedlichen Unterstützungs- und Förderangeboten auf Landes- und Bundesebene. Auch das laufende Monitoring zu Bedarfen und Verfügbarkeiten zählt zu ihren Aufgaben.

Zur Flankierung der laufenden Entwicklungen beim Aufbau einer deutschlandweiten pipelinegebundenen Verteilinfrastruktur (Wasserstoff-Kernnetz) wurden bislang drei Studien beauftragt. Nachdem im Sommer 2023 eine erste Machbarkeitsstudie für ein **Wasserstoff-Regionalnetz** im Rhein-Main-Gebiet vorgestellt wurde, startete im gleichen Zeitraum eine Studie mit vergleichbarer Zielsetzung für die Regionen **Mittel- und Nordhessen**. Zusammen mit lokalen Verteilnetzbetreibern und den relevanten Fernnetzbetreibern werden die Voraussetzungen und Perspektiven für ein regionales Verteilnetz, anknüpfend an das Kernnetz, eruiert und zusammengeführt. Ziel ist es, für die Regionen eine Perspektive für eine künftige Wasserstoffversorgung aufzuzeigen.

Im Anschluss an die abgeschlossene Regionalnetzstudie für Rhein-Main wurden erste Realisierungsschritte unterstützt, etwa mit einer Studie für ein Leitungsnetz im westlichen Rhein-Main-Gebiet, in Kooperation mit Netzbetreibern sowie Industrieunternehmen als potenziellen Abnehmern. Zudem wurden aufseiten der Netzbetreiber erste Kooperationen geschlossen für die weitere gemeinsame Planung in der Region, etwa mit dem Projekt „Rh2ein-Main Connect“. Insgesamt wurde der begonnene Dialogprozess mit den hessischen Gasnetzbetreibern fortgeführt.

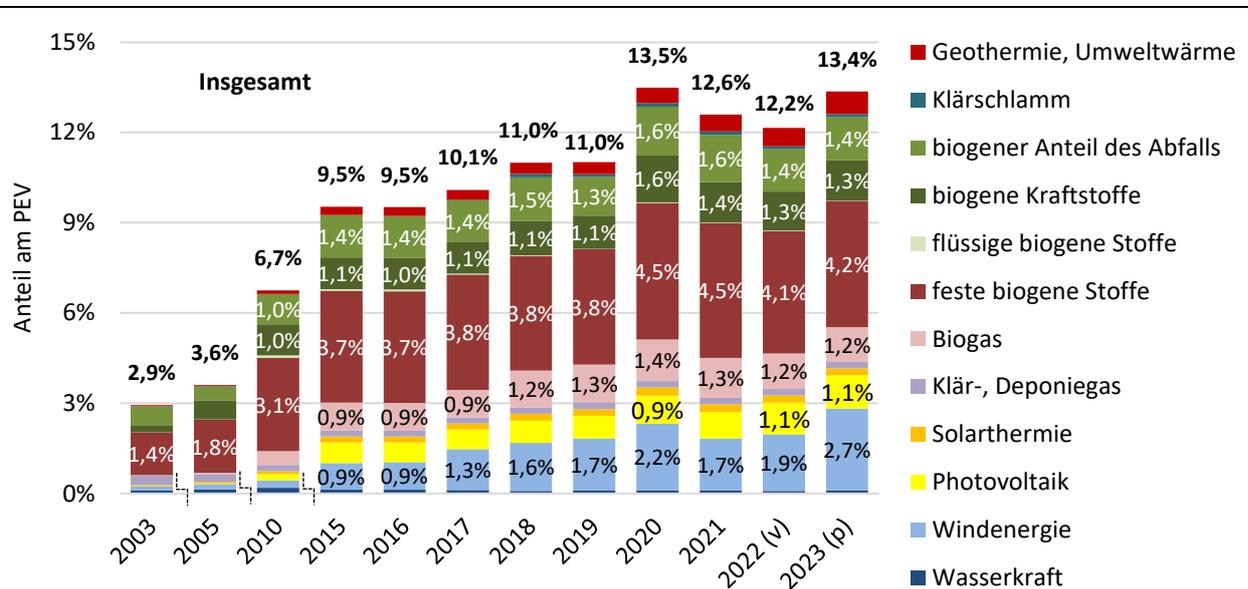
Während die zukünftigen Pipelines insbesondere dem Transport von importiertem Wasserstoff dienen, verfügt Hessen in begrenztem Maß auch über eigene Wasserstoffherzeugungspotenziale auf erneuerbarer Basis, die insbesondere als Teil lokaler Wertschöpfungsketten in integrierten Projekten zur Nutzung kommen können. Um dieses Angebot im Zeitverlauf bis zum Jahr 2045 zu quantifizieren und zu verorten, hat die Landesstelle Wasserstoff im Frühjahr 2023 die Umsetzung einer **Analyse zu den Wasserstoffherzeugungspotenzialen** in Hessen inklusive Identifikation geeigneter Elektrolysestandorte gestartet. Die Vorstellung der Ergebnisse erfolgte am 30. Oktober 2024 anlässlich des Brennstoffzellenforums.

4.1 Bedeutung für den Primärenergieverbrauch

Erneuerbar erzeugte Energien haben im Jahr 2023 in Hessen zusammengenommen 28,9 TWh zum Primärenergieverbrauch (PEV) in Höhe von 216,2 TWh beigetragen.⁶ Das waren 1,9 TWh bzw. 7,1 Prozent mehr als im Jahr zuvor. Da sich – wie in Kapitel 3.1 gezeigt – der gesamte PEV rückläufig (-2,6 %) entwickelte, erhöhte sich der Anteil erneuerbarer Energien am gesamten PEV um 1,2 Prozentpunkte auf 13,4 Prozent (siehe Abbildung 20).

Auch im Jahr 2023 trugen feste biogene Stoffe mit 4,2 Prozent von allen erneuerbaren Energieträgern am meisten zum PEV bei. Es folgen Windenergie (2,7 %), der biogene Anteil des Abfalls (1,4 %), biogene Kraftstoffe (1,3 %), Biogas (1,2 %), Photovoltaik (1,1 %) sowie Geothermie und Umweltwärme (0,8 %). Mit einem Anteilswert von zusammen weniger als 1 Prozent leisteten die Energieträger Wasserkraft, Solarthermie, Klär- und Deponiegas, flüssige biogene Stoffe und Klärschlamm nur einen relativ geringen Beitrag zum PEV in Hessen.

Abbildung 20: Anteile erneuerbarer Energieträger am Primärenergieverbrauch 2003*-2023 (in %)



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

Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Mit Blick auf die einzelnen erneuerbaren Energieträger zeigen sich sehr unterschiedliche Entwicklungen. So ist der Anstieg der erneuerbaren Energien von insgesamt 1,9 TWh vor allem auf die sehr dynamische Entwicklung der Windenergie zurückzuführen, die sich um 1,7 TWh bzw. 40,8 Prozent gegenüber dem Vorjahr erhöhte. Ursächlich hierfür sind insbesondere deutlich höhere Windgeschwindigkeiten als im Jahr 2022.

Im Vergleich zur Windenergie deutlich geringere Zuwächse konnten die Energieträger Umweltwärme (+0,3 TWh bzw. +20 %) und Photovoltaik (+0,1 TWh

bzw. +2,2 %) verzeichnen. Die Zunahme der Umweltwärme war auf einen steigenden Einsatz von Wärmepumpen zur Wärmeerzeugung (siehe dazu die Ausführungen in Kapitel 5.3) zurückzuführen. Der Zuwachs bei der Photovoltaik ist auf den starken Anstieg der Neuinstallationen zurückzuführen. Dadurch konnte die im Vorjahresvergleich deutlich kürzere Sonnenscheindauer mehr als ausgeglichen werden. So bezifferte sich die globale Sonnenstrahlung in Deutschland im Jahr 2023 nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes auf 1.144 kWh je m², dies sind 10,4 Prozent weniger als im Jahr 2022.

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

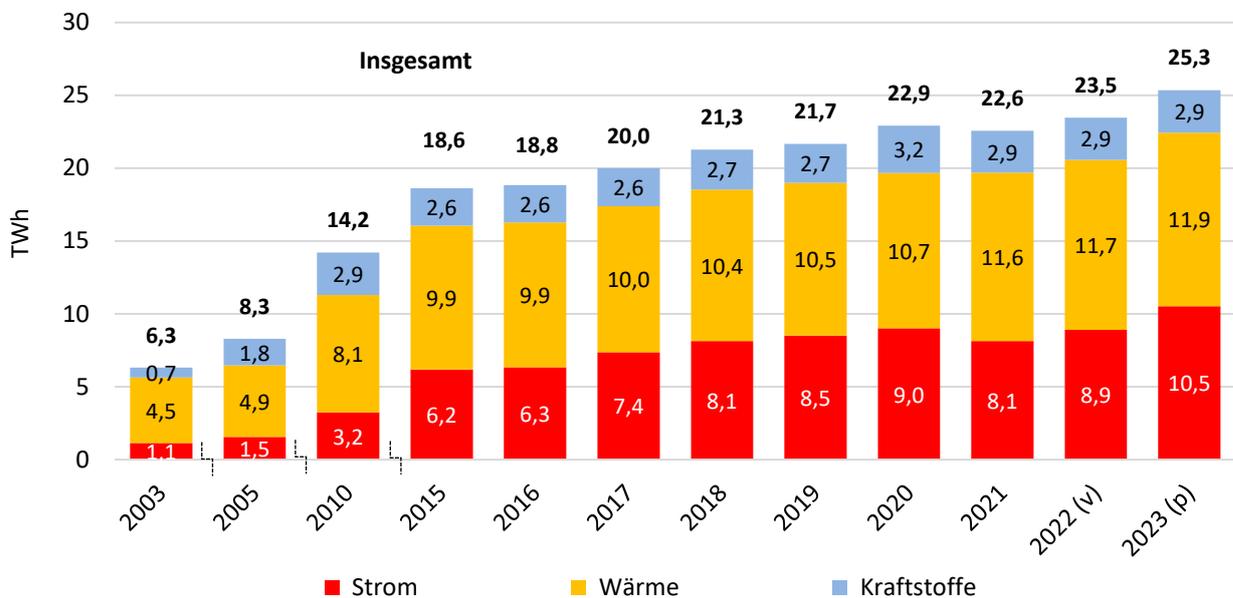
4.2 Bedeutung für den Endenergieverbrauch

Im Jahr 2023 haben erneuerbare Energien 25,3 Terawattstunden (TWh) zum Endenergieverbrauch (EEV) in Höhe von insgesamt 201,1 TWh beigetragen. Dies waren 1,9 TWh bzw. 8,0 Prozent mehr als im Vorjahr (siehe Abbildung 21). Ursächlich dafür sind vor allem Zuwächse bei der erneuerbaren Stromerzeugung um 1,6 TWh (+18,3 %) von 8,9 auf 10,5 TWh. Der Verbrauch von erneuerbaren Energieträgern zur Wärmeerzeugung erhöhte sich demgegenüber nur wenig um 236 GWh (+2,0 %).

Der Verbrauch von Biokraftstoffen blieb nahezu unverändert (+26 GWh bzw. +0,9 %) auf dem Vorjahresniveau von 2,9 TWh.

Anzumerken ist, dass es sich bei den 10,5 TWh an 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*-2023 (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 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (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 betrachtet weist die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien den höchsten Zuwachs auf und hat sich bis 2023 gegenüber dem Ausgangsniveau im Jahr 2003 mit einem Indexwert von 936 bereits fast verzehnfacht. Der ausgeprägte Rückgang im Jahr 2021 ist das Ergebnis witterungsbedingt deutlich niedrigerer Erträge insbesondere von Windenergieanlagen, aber auch von PV-Anlagen. Dieser Rückgang konnte bereits im Jahr 2022 wieder ausgeglichen werden.

Im Jahr 2023 gewann die erneuerbare Stromerzeugung aufgrund guter Windverhältnisse und des hohen Zubaus an PV-Anlagen spürbar an Dynamik.

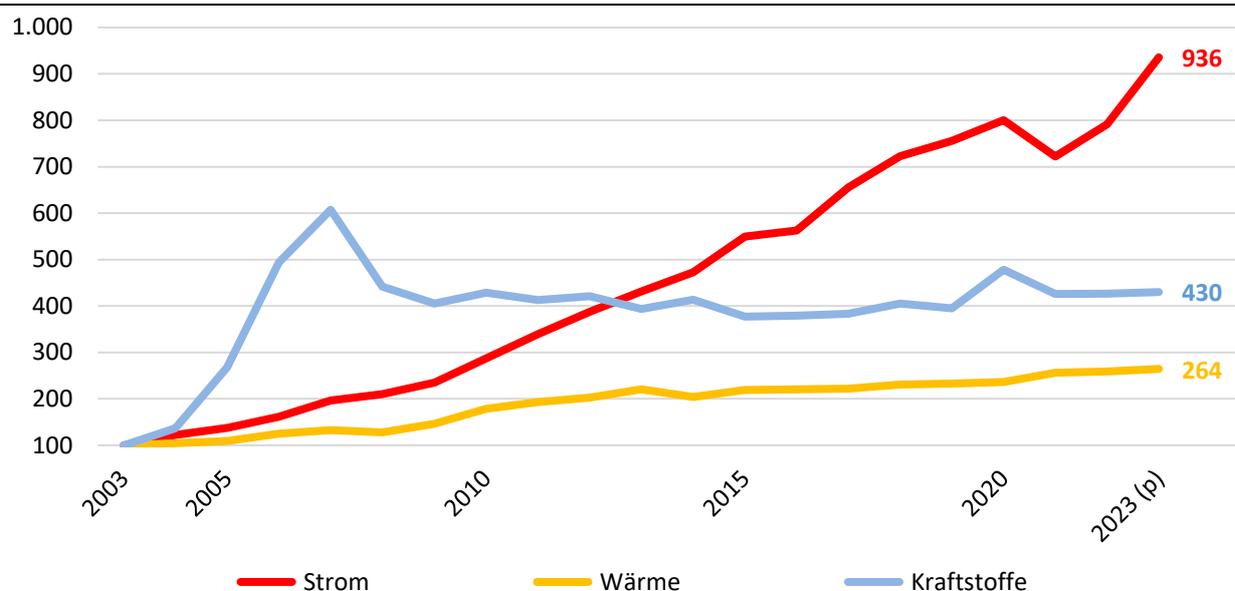
Die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien hat sich zwischen 2003 und 2023 in etwa um das 2,6-Fache erhöht. Dabei nahm sie von 2003 bis zum Jahr 2008 kaum zu, stieg dann bis zum Jahr 2010 relativ stark an und ist seither mit einer insgesamt geringen Dynamik tendenziell leicht zunehmend.

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.⁷ Der starke Anstieg des Biokraftstoffverbrauchs von 2003 bis 2007 ging einher mit Steuerbefreiungen, die damals für Biodiesel gewährt wurden. Mit der Rücknahme dieser Befreiung im Jahr 2007 brach der Biokraftstoffverbrauch regelrecht ein und bewegte sich bis zum Jahr 2023 mit geringen Schwankungen auf einem Niveau von zuletzt 430 Indexpunkten.

Einmalig unterbrochen wurde dieser Verlauf im Jahr 2020, als sich durch die Anhebung der Treibhausgasminderungsquote von vier auf sechs Prozent die Beimischung von Biotreibstoffen signifikant erhöhte.

Dies führte zu einem Anstieg der Biokraftstoffe im EEV um rund 80 Indexpunkte auf einen Wert von etwa 480. Der anschließende Rückgang ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die Treibhausgasminderungsquote z. B. auch durch Anrechnung von grünem Wasserstoff oder Strom für Elektrofahrzeuge erfüllt werden kann und daher weniger Biokraftstoffe beigemischt werden mussten. So wird der Strom, der in Elektrofahrzeugen genutzt wird, sogar mit dem Dreifachen seines Energiegehaltes für die Erfüllung der Treibhausgasminderungsquote angerechnet, um den Aufbau der Ladeinfrastruktur für elektrisch betriebene Fahrzeuge zu unterstützen (Umweltbundesamt 2022). Damit wirkt sich die steigende Elektromobilität dämpfend auf den Einsatz von Biokraftstoffen aus.

Abbildung 22: Entwicklung des EEV von Strom, Wärme und Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien 2003*-2023 (Index 2003 = 100)



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

Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Stromsektor

Im Jahr 2023 wurden in Hessen 10,5 TWh (10.523 GWh) erneuerbarer Strom erzeugt. Dies waren 1,6 TWh (1.624 GWh) bzw. 18,3 Prozent mehr als ein Jahr zuvor (siehe Abbildung 23). Dieser Anstieg ist auf den hohen Zubau von 38 Windenergieanlagen mit einer Leistung

von 165 MW (siehe dazu die Erläuterungen in Kapitel 6.1) sowie auf leicht günstigere Windbedingungen zurückzuführen.⁸ So haben die 1.181 hessischen Windenergieanlagen im Jahr 2023 insgesamt 5,9 TWh (5.883 GWh) Strom erzeugt, 1.705 GWh bzw.

⁷ Erneuerbar erzeugter Strom, der für Elektromobilität im Verkehr genutzt wird, ist nicht enthalten.

⁸ Für Deutschland hat der Deutsche Wetterdienst in 100 Meter Höhe eine Windgeschwindigkeit von 6,7 Meter pro Sekunde ermittelt, die um 1,5 Prozent über dem Mittelwert der letzten 10 Jahre lag.

40,8 Prozent mehr als im Vorjahr (siehe auch Kapitel 6.1).⁹ Auf Windenergieanlagen entfallen insgesamt 56 Prozent der gesamten erneuerbaren Stromerzeugung im Jahr 2023.

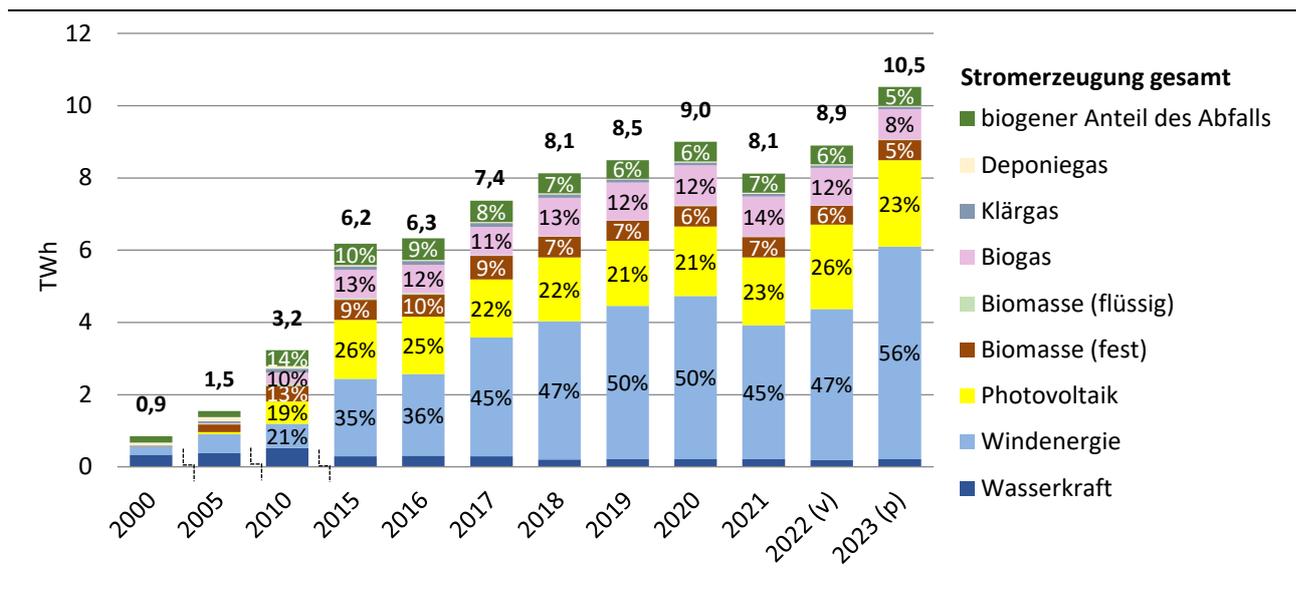
Mit einem Stromertrag in Höhe von 2,4 TWh (2.388 GWh) waren PV-Anlagen im Jahr 2023 der zweitwichtigste erneuerbare Energieträger mit einem Anteil von 23 Prozent. Aufgrund von deutlich weniger Sonnenstunden fiel der Stromertrag trotz eines hohen Anlagenzubaus nur geringfügig höher aus als im Vorjahr (+51 GWh bzw. +2,2 %).¹⁰

Auf Wind- und PV-Anlagen entfallen 2023 zusammen 79 Prozent der erneuerbaren Stromerzeugung in Hessen. Die restlichen 21 Prozent verteilen sich zu 8 Prozent auf Biogas, womit im Jahr 2023 insgesamt 840 GWh an Strom erzeugt wurden, 196 GWh bzw. 18,9 Prozent

weniger als im Vorjahr. Auf feste Biomasse und auf den biogenen Anteil des Abfalls entfielen jeweils 5 Prozent der erneuerbaren Stromerzeugung. Während die Stromerzeugung durch feste Biomasse um 40 GWh (+7,8 %) zunahm, blieb die Stromerzeugung des biogenen Abfalls nahezu unverändert auf dem Vorjahresniveau (+1,6 GWh bzw. +0,3 %).

Auf die verbleibenden Energieträger entfallen zusammen nur rund 3 Prozent der erneuerbaren Stromerzeugung, davon auf Wasserkraft 2,1 Prozent, auf Klärgas 0,7 Prozent, auf Deponiegas 0,2 Prozent und auf flüssige Biomasse 0,1 Prozent. Dabei ging nur der Einsatz von Klärgas im Vergleich zum Vorjahr um 4,3 GWh (-5,6 %) zurück. Bei allen anderen Energieträgern stieg die Stromerzeugung gegenüber dem Vorjahr leicht an: Wasserkraft +22,4 GWh (+11,4 %), Biomasse (flüssig) +2,1 GWh (+18,3 %) und Deponiegas +2,1 GWh (+9,8 %).

Abbildung 23: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2000 bis 2023
(in TWh, Anteilswerte in %)



Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose, 1. HJ 2024 (s) = eigene Schätzung auf Basis HSL 2024e.

⁹ Abgrenzungskriterium für diese 1.181 Anlagen ist der Standort auf hessischem Hoheitsgebiet. Im Gegensatz dazu erfolgt in der amtlichen Statistik die räumliche Zuordnung nach dem Einspeisepunkt der Anlage. In Hessen waren davon im Jahr 2023 insgesamt 51 Windenergieanlagen mit zusammen rund 130 MW Leistung betroffen, deren Stromeinspeisung in benachbarten Bundesländern erfolgt.

¹⁰ Für das Jahr 2023 weist der Deutsche Wetterdienst für Deutschland eine Globalstrahlung von 1.144 kWh/m² aus (2022: 1.227 kWh/m²). Im Durchschnitt der letzten 10 Jahre lag der Vergleichswert bei 1.133 kWh/m² und der Durchschnittswert seit 1990 bei 1.091 kWh/m² (AGEE 2024).

Wird die im Jahr 2023 in Hessen erzeugte und eingespeiste erneuerbare Strommenge von 10,5 TWh auf den Bruttostromverbrauch in Höhe von 37,4 TWh bezogen, konnten 28,1 Prozent des gesamten hessischen Stromverbrauchs erneuerbar gedeckt werden (siehe Abbildung 24). Gegenüber dem Vorjahr (23,5 %) ist damit der Anteilswert spürbar gestiegen, was vor allem auf eine witterungsbedingt deutlich höhere Stromerzeugung durch Windenergieanlagen zurückzuführen ist. Dazu beigetragen hat auch der im Vergleich zum Vorjahr rückläufige Bruttostromverbrauch (-1,1 %), der vor allem auf Verbrauchsrückgänge in den Sektoren Industrie und private Haushalte zurückzuführen ist.

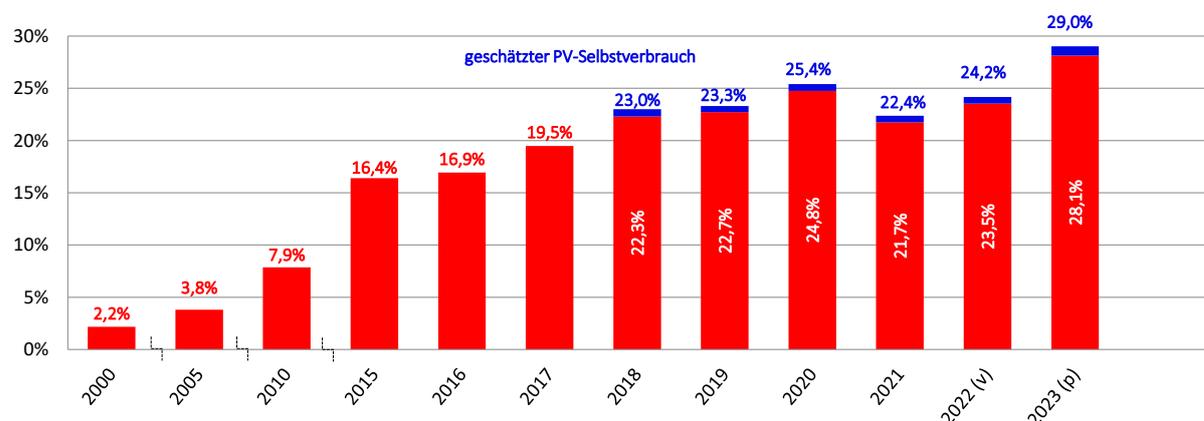
Unter Berücksichtigung selbst verbrauchter Strommengen von PV-Anlagenbetreibern wird ein Anteilswert von 29,0 Prozent erreicht. Das IE-Leipzig schätzt seit dem Jahr 2018 dazu auch die von PV-Anlagenbetreibern selbst erzeugte und selbst verbrauchte Strommenge (Selbstverbrauch), die weder von den Netzbetreibern 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 dieser von den Netzbetreibern erfasste Selbstverbrauch enthalten. Um den nicht geförderten Selbstverbrauch annähernd abschätzen zu können, haben ZSW und BDEW gemeinsam eine Methode entwickelt (AGEE-Stat 2016). 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 (siehe dazu auch die Erläuterungen in IE-Leipzig 2024).

Für das Jahr 2023 beziffert sich die berechnete selbstverbrauchte Strommenge auf 355 GWh und entspricht etwa 0,9 Prozent des hessischen Bruttostromverbrauchs. Damit erhöht sich der Anteilswert erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch auf 29,0 Prozent.

Abbildung 24: Anteilentwicklung hessischer erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch 2000-2023*
(in %)



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

Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Wärmesektor

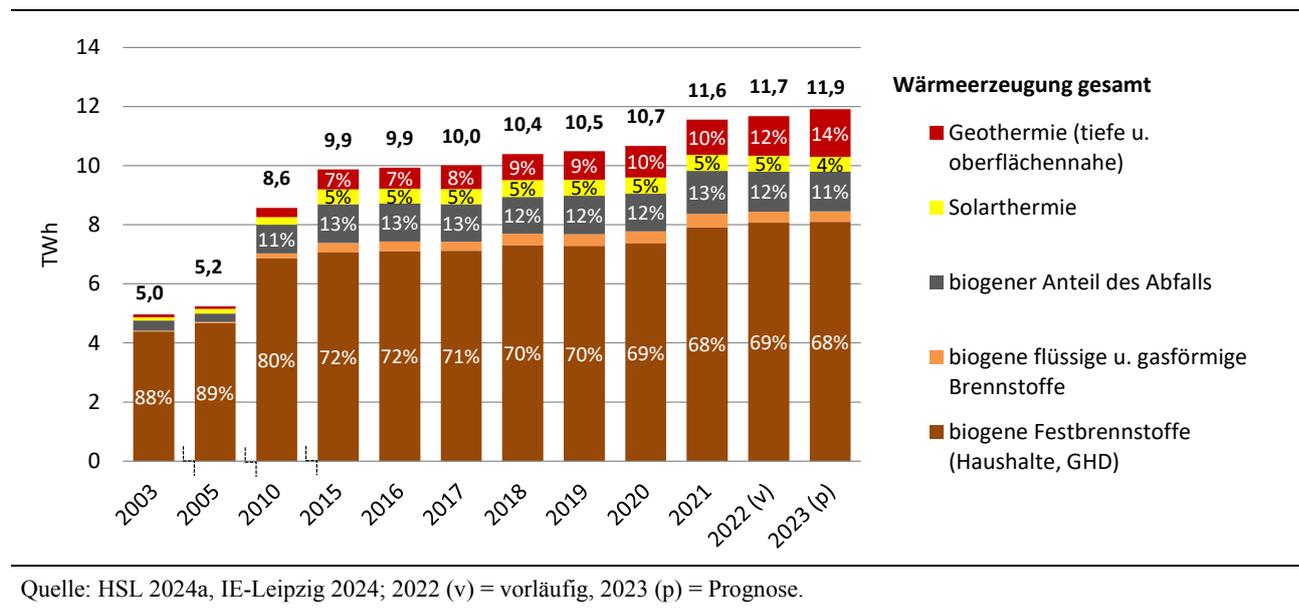
Zur Wärmeerzeugung in Hessen haben erneuerbare Energieträger im Jahr 2023 zusammen 11,9 TWh beigetragen (siehe Abbildung 25). Dies ist eine leichte Zunahme im Vergleich zum Vorjahr in Höhe von 236 GWh (+2,0 %). Dabei konzentriert sich die Zunahme fast ausschließlich auf oberflächennahe Geothermie bzw. den Einsatz von Wärmepumpen, der sich um 269 GWh (+20,0 %) erhöht hat. Leicht zugenommen haben zudem biogene Festbrennstoffe (+24 GWh bzw. +0,3 %), wohingegen sich alle übrigen Energieträger leicht rückläufig entwickelt haben: Solarthermie (-33 GWh bzw. -6,2 %), biogene flüssige und gasförmige Brennstoffe (-18 GWh bzw. -4,7 %) sowie der biogene Anteil des Abfalls (-6 GWh bzw. -0,5 %).

Die Zusammensetzung der erneuerbaren Energieträger wird zu zwei Dritteln (68 %) durch biogene Festbrennstoffe geprägt, worunter z. B. Scheitholz, Pellets, Holzhackschnitzel und Stroh zusammengefasst werden. Es

folgen die Nutzung von Geothermie und dabei insbesondere der oberflächennahen Geothermie (Umweltwärme) mit 14 Prozent, der biogene Anteil des Abfalls mit 11 Prozent, die Nutzung von Solarthermie mit 4 Prozent sowie die Nutzung von flüssigen und gasförmigen biogenen Brennstoffen mit zusammen 3 Prozent.

In längerfristiger Betrachtung hat sich die erneuerbare Wärmeerzeugung zunächst zwischen 2003 und 2015 von 5 TWh auf fast 10 TWh deutlich erhöht. Seither zeichnet sich eine verlangsamte, aber kontinuierliche Aufwärtsentwicklung auf zuletzt knapp 12 TWh im Jahr 2023 ab. Dabei hat sich seit 2015 insbesondere der Einsatz von biogenen Festbrennstoffen und Wärmepumpen (oberflächennahe Geothermie) um jeweils rund 1 TWh erhöht, alle übrigen Energieträger, von denen zwischen 2003 und 2015 noch deutliche Wachstumsimpulse ausgingen, blieben zuletzt nahezu unverändert.

Abbildung 25: Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2003-2023
(in TWh, Anteilswerte in %)



Verkehrssektor

Im Verkehrssektor werden die Biokraftstoffe als Reinkraftstoffe sowie als Beimischungen zu fossilen Kraftstoffen eingesetzt. Der Verbrauch erneuerbarer Kraftstoffe beziffert sich im Jahr 2023 in Hessen auf 2.916 GWh (siehe Abbildung 26) und fällt damit geringfügig um 26 GWh (+0,9 %) höher aus als im Vorjahr. Dabei haben sich sowohl die Verbräuche von Bioethanol (+2,7 %) als auch von Biodiesel (+0,2 %) leicht erhöht.

Die insgesamt weiterhin stagnierende Entwicklung des Einsatzes erneuerbarer Kraftstoffe ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die Treibhausgasreduzierungsquote z. B. auch durch Anrechnung von grünem Wasserstoff oder Strom für Elektrofahrzeuge erfüllt werden kann und entsprechend weniger an Biokraftstoffen beigemischt werden muss. Um beispielsweise den Aufbau der Ladeinfrastruktur für elektrisch betriebene Fahrzeuge zu unterstützen, wird der Strom, der in Elektrofahrzeugen

genutzt wird, sogar mit dem Dreifachen seines Energiegehaltes für die Erfüllung der Treibhausgasminderungsquote angerechnet (Umweltbundesamt 2022).

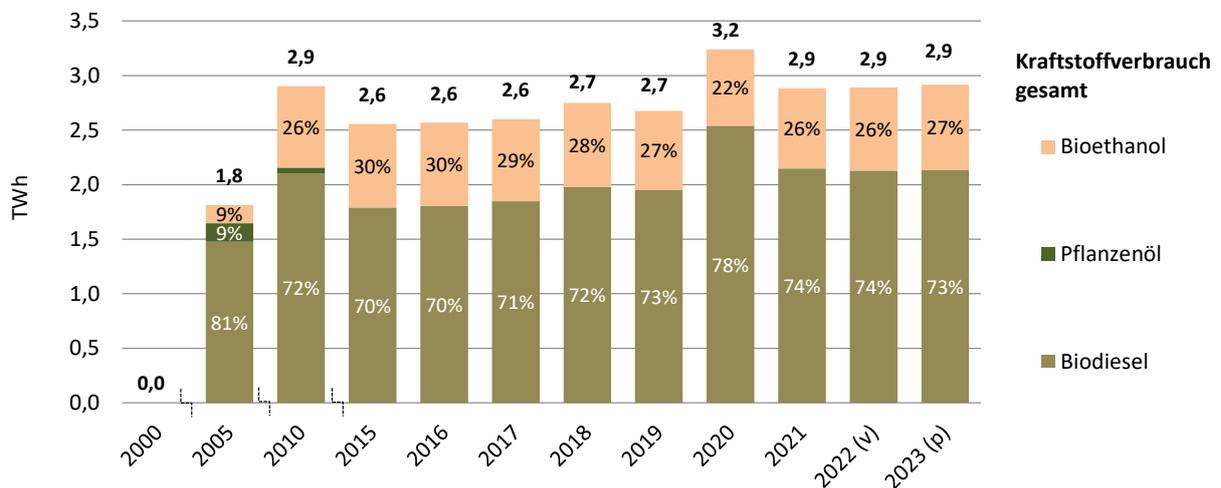
Der Einsatz von Pflanzenöl als Kraftstoff hat mit der schrittweisen Aufhebung der Steuerbefreiung ab dem Jahr 2007 spürbar an Bedeutung verloren und wird seit dem Jahr 2017 in der amtlichen Mineralölstatistik des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausführung (BAFA) nicht mehr als Biokraftstoff ausgewiesen.

Die Zusammensetzung der Biokraftstoffe veränderte sich geringfügig gegenüber dem Vorjahr. So sank der Anteil von Biodiesel leicht von 74 auf 73 Prozent und

entsprechend stieg der Anteil von Bioethanol von 26 auf 27 Prozent.

Neben Biokraftstoffen wird für Mobilitätszwecke auch Strom im Verkehrssektor eingesetzt, der zunehmend erneuerbar erzeugt wird. So wurden im Jahr 2023 rund 1,5 TWh Strom für Mobilitätszwecke verbraucht, 1,15 TWh für Schienenfahrzeuge und 0,35 TWh im Straßenverkehr (siehe Kapitel 8.1). Zum Stromverbrauch im Verkehrssektor speziell aus erneuerbaren Energien liegen für Bundesländer bisher jedoch keine Daten vor.

Abbildung 26: Kraftstoffverbrauch aus erneuerbaren Energien 2000-2023 (in TWh)



Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Forschungsprojekt „Wärmepumpen-Praxis im hessischen Wohngebäudebestand“

Das Institut Wohnen und Umwelt untersucht aktuell im Rahmen des vom Land Hessen geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojektes „Wärmepumpen-Praxis im hessischen Wohngebäudebestand“ realisierte Vorhaben mit Wärmepumpen in hessischen Bestandswohngebäuden und erarbeitet generelle und praxisnahe Empfehlungen für den Wärmepumpeneinsatz im Gebäudebestand. Insbesondere sind folgende Bausteine vorgesehen:

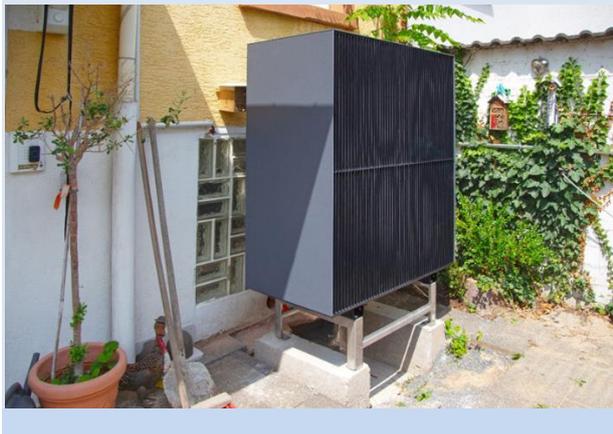
- Untersuchung unterschiedlicher Möglichkeiten und Ausführungsvarianten zu Wärmepumpen im Bestand bezüglich Kosten, Effizienz und Treibhausgasemissionen.
- Beobachtung der Praxis beim Wärmepumpeneinbau im Bestand anhand einer Stichprobe hessischer Wohngebäude mit Befragung von Hauseigentümern und Energieberatern sowie der Auswertung von Jahresverbräuchen und Sanierungsfahrplänen.
- Erarbeitung von Empfehlungen und Konzepten für den Einsatz von elektrischen Wärmepumpen im Wohngebäudebestand.

Eine Infobroschüre zu Wärmepumpen in Bestandsgebäuden wurde erstellt.

Weitere Informationen unter:

<https://www.iwu.de/forschung/energie/wp-hessen/>

<https://www.lea-hessen.de/buergerinnen-und-buerger/waermepumpe/waermepumpe-effizienz/>



5

Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch



5 Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch

Rund ein Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs wird in Hessen für die Erzeugung und Bereitstellung von Wärme zur Beheizung von Gebäuden verbraucht. Dieser hohe Anteilswert verdeutlicht, welche Potenziale an Energieeinsparungen und damit auch zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen z. B. durch Gebäudesanierungsmaßnahmen und insbesondere den Ersatz fossiler durch erneuerbare Heizungstechnologien bestehen.

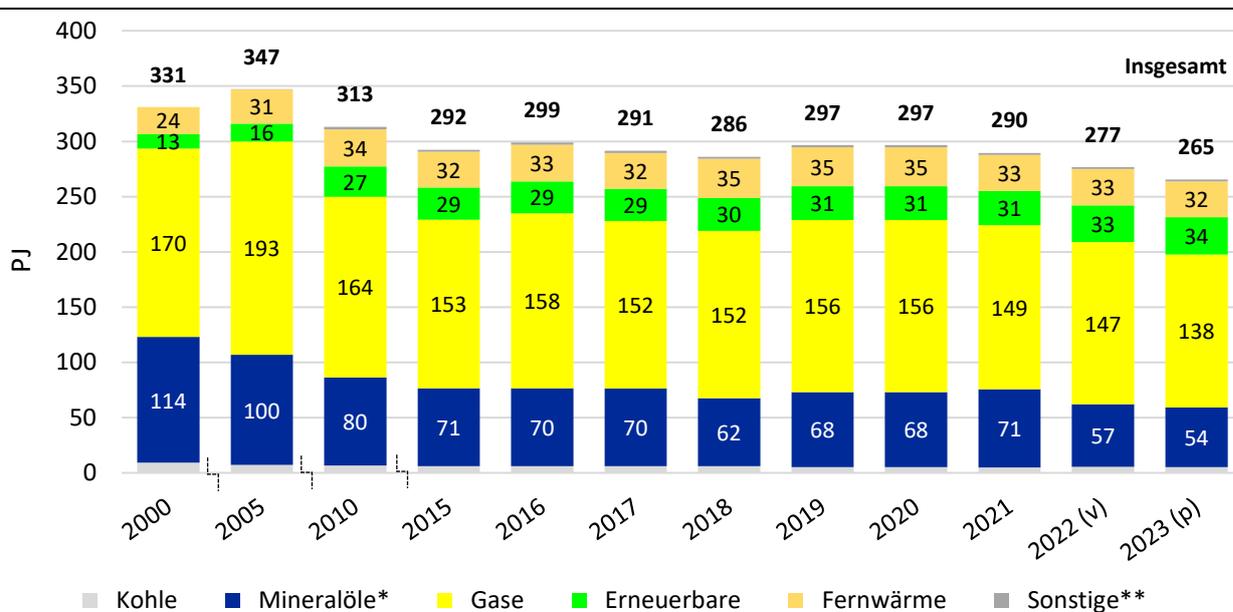
5.1 Endenergieverbrauch für Wärme

In Hessen beziffert sich der Energieverbrauch für die Erzeugung von Wärme nach Schätzungen des IE-Leipzig

im Jahr 2023 auf insgesamt 265 Petajoule (PJ). Das sind 11,4 PJ bzw. 4,1 Prozent weniger als im Jahr 2022 und stellt den mit Abstand niedrigsten Verbrauchswert im betrachteten Gesamtzeitraum seit dem Jahr 2000 dar (siehe Abbildung 27). Als Grund für diesen Rückgang ist vor allem die milde Witterung zu nennen.¹¹

Differenziert nach Energieträgern nahm der EEV für Wärme im Jahr 2023 insbesondere bei Gasen (-8,4 PJ bzw. -5,7 %) und Mineralölen (-2,6 PJ bzw. -4,6 %) ab. Ebenfalls rückläufig in der Größenordnung von zusammen 1 PJ war der Verbrauch von Fernwärme, Kohle und sonstigen Energieträgern.

Abbildung 27: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme 2000-2023 (in PJ)



* einschl. Flüssiggas

** sonstige hergestellte Gase, fossile Abfälle usw.

Quelle: Gesamtmenge von HSL 2024a, Aufteilung nach Energieträgern durch IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Demgegenüber hat der Einsatz von erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung leicht zugenommen (+0,6 PJ bzw. +1,9 %). 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.

In längerfristiger Betrachtung ist seit dem Jahr 2000 der EEV für Wärme bis zum Jahr 2015 deutlich gesunken, was vor allem auf Rückgänge bei Gasen und Mineralölen zurückzuführen ist. Zwischen 2015 und 2021 bewegte sich der EEV für Wärme mit witterungsbedingten Schwankungen zwischen 286 und 300 PJ. Dabei ist auch die Zusammensetzung der Energieträger nahezu stabil

¹¹ In Hessen hat der Deutsche Wetterdienst für das Jahr 2023 einen Rekordwert der Jahresdurchschnittstemperatur von 10,7 °C ermittelt, der um etwa 2,5 °C über der langfristigen Referenzperiode 1961 bis 1990 lag.

geblieben. Als Reaktion auf den Beginn des Russland-Ukraine-Kriegs – Boykott von Gas- und Erdöllieferungen aus Russland, einhergehend mit massiven Preiserhöhungen und Einsparbemühungen der Verbraucher – ist der Absatz von Heizöl bereits im Jahr 2022 deutlich zurückgegangen. Im Jahr 2023 ist auch der Verbrauch von Erdgas zur Wärmeerzeugung gesunken. Zuletzt lag der Anteilswert von Gas im Jahr 2023 bei 52 Prozent. Dies sind zwar 3 Prozentpunkte weniger als im Jahr 2021 vor dem Russland-Ukraine-Krieg, allerdings kommt Erdgas damit die gleiche Bedeutung für die Wärmeerzeugung in Hessen wie im Ausgangsjahr 2000 zu. Demgegenüber hat sich die Bedeutung von Mineralölen zur Wärmeerzeugung massiv von 34 Prozent im Jahr 2000 auf 20 Prozent im Jahr 2023 reduziert. Dies wurde durch Zuwächse von Fernwärme (von 7 % im Jahr 2000 auf 12 % im Jahr 2023) und insbesondere von erneuerbaren Energien (von 4 % im Jahr 2000 auf 13 % im Jahr 2023) ausgeglichen.

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.¹² 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 und werden hier nicht berücksichtigt.

Nach Berechnungen des IE-Leipzig beträgt der Energieverbrauch in Hessen für die Nutzung von Gebäuden im Jahr 2023 insgesamt 232,9 PJ.¹³ Dies entspricht 32,2 Prozent des gesamten EEV (siehe Tabelle 1), wobei dem Rückgang des EEV in Höhe von 1,1 Prozent eine Abnahme des gebäuderelevanten EEV in Höhe von 3,2 Prozent gegenübersteht.

Der größte Teil des gebäuderelevanten EEV entfällt mit 174,1 PJ auf die Bereitstellung von Raumwärme, was mit 24,0 Prozent fast einem Viertel des gesamten EEV entspricht. Es folgen Warmwasserbereitung und

Beleuchtung mit Anteilswerten von 4,5 bzw. 3,0 Prozent. Mit einem Anteil von 0,6 Prozent hat Raumkühlung nur eine geringe Bedeutung am gesamten EEV.

Differenziert nach Verbrauchssektoren verwenden die privaten Haushalte 146,7 PJ bzw. 85,2 Prozent ihres gesamten EEV für die Nutzung von Gebäuden, im Wesentlichen für Raumwärme (115,9 PJ bzw. 67,3 %) und Warmwasserbereitung (27,8 PJ bzw. 16,1 %).

Im Sektor GHD entfallen mit 77,0 PJ rund zwei Drittel bzw. 67,0 Prozent des gesamten EEV dieses Sektors auf die Gebäudenutzung. Die meiste Energie wird auch hier für Heizzwecke (45,3 %) verwendet. Mit 15,2 Prozent entfällt jedoch auch ein signifikanter Anteil auf die Beleuchtung der Gebäude. In der Industrie spielt der gebäuderelevante EEV mit 9,3 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. Deutlich werden dabei die Auswirkungen der Corona-Pandemie, die den Anteilswert von 30,6 Prozent im Jahr 2019 auf 36,5 Prozent im Jahr 2020 und 36,8 Prozent im Jahr 2021, dem höchsten Wert im gesamten betrachteten Zeitraum von 2000 bis 2023, ansteigen ließ. Dies ging einher mit einem starken Rückgang des gesamten EEV und einem im Vergleich zu den Vor-Corona-Jahren nahezu unveränderten gebäuderelevanten Energieverbrauch. Danach kehrte sich die Entwicklung mit Anteilswerten von 32,9 und 32,2 Prozent in den Jahren 2022 und 2023 wieder um. Ursächlich hierfür waren eine milde Witterung und verstärkte Einsparbemühungen als Folge des Russland-Ukraine-Kriegs in beiden Jahren.

¹² 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 der Energieverbrauch für IKT-Anwendungen und mechanische Energie.

¹³ Das IE-Leipzig überträgt die im Auftrag der AGEH für Deutschland entwickelte Methode zur Erstellung sektoraler Anwendungsbilanzen auf Hessen (AGEH 2016 und 2018). Siehe hierzu auch die Erläuterungen in HMWEVL (2017 und 2018), jeweils in Kapitel 5.

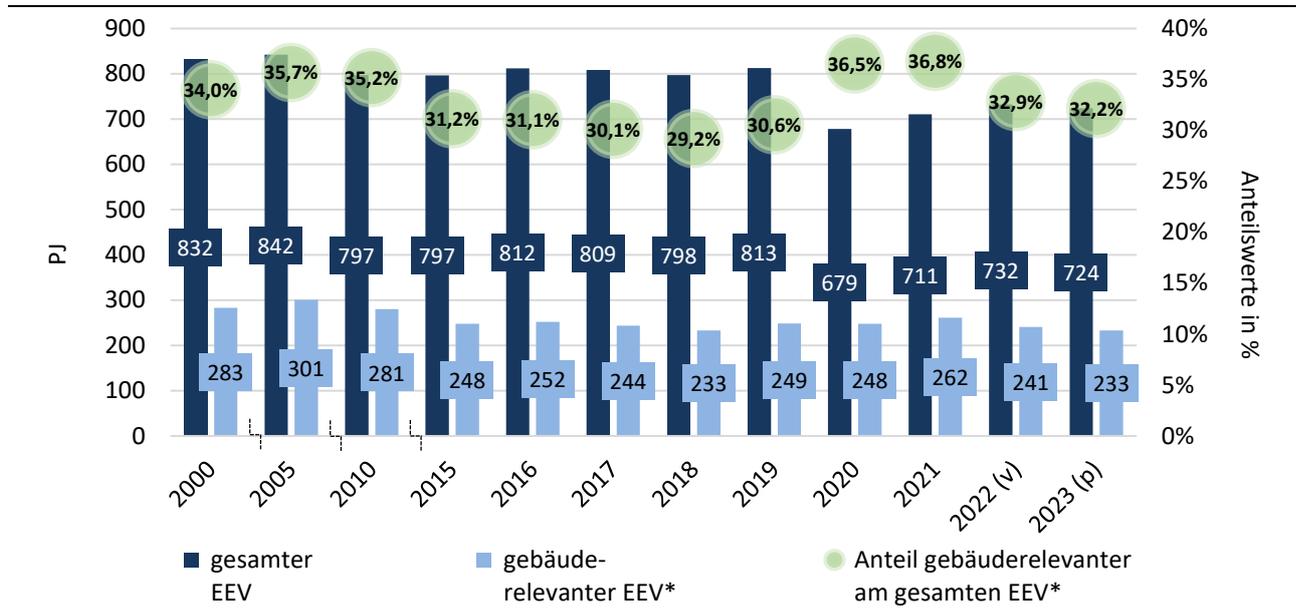
Tabelle 1: Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch in Hessen 2023

Absoluter Verbrauch (in PJ)	Haushalte	GHD	Industrie	Verkehr*	Insgesamt
Gebäuderelevanter EEV	146,7	77,0	9,1	—	232,9
<i>darunter:</i>					
<i>Raumwärme</i>	115,9	52,1	6,1	—	174,1
<i>Warmwasser</i>	27,8	3,9	0,8	—	32,5
<i>Raumkühlung</i>	0,3	3,5	0,8	—	4,6
<i>Beleuchtung</i>	2,7	17,5	1,5	—	21,7
EEV insgesamt	172,3	115,0	98,7	338,1	724,0
Anteil am EEV insgesamt (in %)	Haushalte	GHD	Industrie	Verkehr*	Insgesamt
Gebäuderelevanter EEV	20,3%	10,6%	1,3%	—	32,2%
<i>darunter:</i>					
<i>Raumwärme</i>	16,0%	7,2%	0,8%	—	24,0%
<i>Warmwasser</i>	3,8%	0,5%	0,1%	—	4,5%
<i>Raumkühlung</i>	0,0%	0,5%	0,1%	—	0,6%
<i>Beleuchtung</i>	0,4%	2,4%	0,2%	—	3,0%
EEV insgesamt	23,8%	15,9%	13,6%	46,7%	100,0%
Anteil am sektorspezifischen EEV (in %)	Haushalte	GHD	Industrie	Verkehr*	Insgesamt
Gebäuderelevanter EEV	85,2%	67,0%	9,3%	—	32,2%
<i>darunter:</i>					
<i>Raumwärme</i>	67,3%	45,3%	6,1%	—	24,0%
<i>Warmwasser</i>	16,1%	3,4%	0,8%	—	4,5%
<i>Raumkühlung</i>	0,2%	3,0%	0,8%	—	0,6%
<i>Beleuchtung</i>	1,5%	15,2%	1,5%	—	3,0%
EEV insgesamt	100,0%	100,0%	100,0%	—	100,0%

* — kein gebäuderelevanter Endenergieverbrauch im Verkehrssektor vorhanden

Quelle: IE-Leipzig 2024, vorläufige Daten, Berechnungen der Hessen Agentur.

Abbildung 28: Entwicklung des gebäuderelevanten und des gesamten Endenergieverbrauchs in Hessen 2000-2023 (in PJ, Anteilswerte in %)



* geschätzte Werte

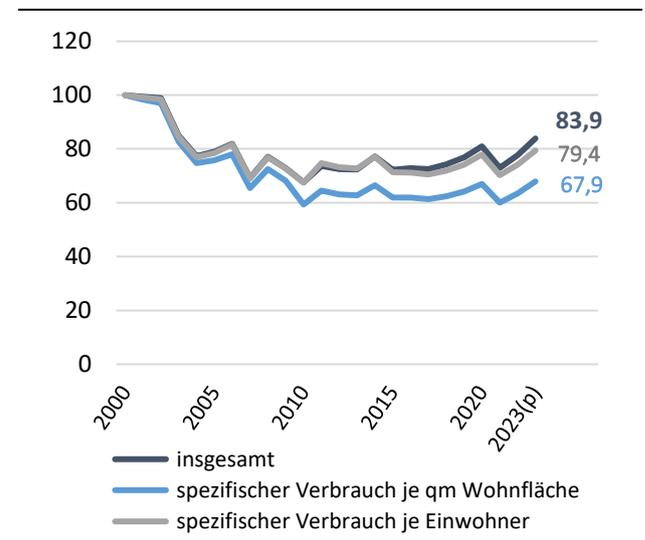
Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024, Berechnungen der Hessen Agentur; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Temperaturbereinigter Energieverbrauch privater Haushalte für Raumwärme und Warmwasser

Abbildung 29 zeigt die Entwicklung des temperaturbereinigten EEV der privaten Haushalte für Raumwärme und Warmwasser sowohl insgesamt als auch bezogen auf die Wohnfläche sowie auf die Einwohnerzahl. Durch die Temperaturbereinigung werden Witterungseinflüsse ausgeschaltet. Im Vergleich zu den unbereinigten Energieverbrauchswerten ist der temperaturbereinigte Energieverbrauch für das kühlere Jahr 2021 niedriger bzw. für das mildere Jahr 2023 höher. Entsprechend erhöhte sich der temperaturbereinigte EEV für Raumwärme und Warmwasser am aktuellen Rand von 2022 auf 2023 um insgesamt 8,1 Prozent. Bezogen auf die Wohnfläche (+7,1 %) und die Einwohnerzahl (+7,0 %) fielen die Zuwächse etwas geringer aus.

In langfristiger Betrachtung haben sich alle drei betrachteten Indikatoren rückläufig entwickelt. Dabei sind die beiden Indexverläufe insgesamt und pro Kopf bis zum Jahr 2015 nahezu identisch. Danach wirken sich die durch Zuwanderungen stark gestiegenen Einwohnerzahlen leicht dämpfend auf die Pro-Kopf-Entwicklung aus. Gut ersichtlich werden auch die spezifischen Effekte hoher Zuwanderungsgewinne durch Flüchtlinge aus der Ukraine seit 2022. Der spezifische EEV bezogen auf die Wohnfläche war bis zum Jahr 2012 stärker rückläufig als die beiden anderen Indikatoren. Seither ist nahezu eine Parallelentwicklung zu erkennen.

Abbildung 29: Temperaturbereinigter EEV privater Haushalte für Raumwärme und Warmwasser 2000-2023 (Index 2000 = 100)



Quelle: IE-Leipzig 2024, Berechnungen der Hessen Agentur; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

5.3 Modernisierungsdynamik bei Gebäuden

Ältere Wohngebäude mit schlechter Wärmedämmung und einer oftmals veralteten Heizungstechnik bergen 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. Unterstützt wird dies durch eigene Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden (siehe dazu in Kapitel 11 insbesondere die Maßnahmen 28 bis 38).

Modernisierung der Wärmeversorgung durch Austausch alter Gas- und Ölfeuerungsanlagen

Ein schneller Ansatz zur Reduzierung von CO₂-Emissionen von Gebäuden besteht in der Stilllegung alter Feuerungsanlagen und deren Ersatz durch moderne Anlagen. Abhängig von der Art der installierten Heizung müssen Hausbesitzer im ein- bis dreijährigen Turnus eine Abgaswegeüberprüfung durchführen lassen. Mit diesen Daten können Veränderungen in der Heizungsstruktur im Zeitablauf aufgezeigt werden (siehe Tabelle 2). Für das hessische Energiemonitoring konnte der Landesinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks Hessen diese für Hessen aggregierten Daten erstmals für das Jahr 2015 bereitstellen (LIV 2016). Seitdem erfolgen Aktualisierungen im jährlichen Turnus.

Tabelle 2: Nach Alter differenzierte Öl- und Gasfeuerungsanlagen 2015, 2020, 2021, 2022 und 2023

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
2022	12,1	11,3	45,2	147,8	169,1	385,5
2023	11,0	10,3	41,6	138,9	166,1	368,0
Altersstruktur (in %)						
2023	3,0%	2,8%	11,3%	37,8%	45,1%	100,0%
Unterschiede zwischen:						
2015 und 2023 (in 1.000)	-11,5	-9,0	-24,3	-46,2	-8,3	-99,3
2015 und 2023 (in %)	-51,0%	-46,5%	-36,9%	-25,0%	-4,7%	-21,2%
2022 und 2023 (in 1.000)	-1,1	-1,0	-3,6	-8,9	-3,0	-17,5
2022 und 2023 (in %)	-8,9%	-8,4%	-7,9%	-6,0%	-1,8%	-4,5%
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
2022	3,1	4,9	28,4	153,1	268,8	458,3
2023	2,7	4,3	25,0	138,0	269,1	439,2
Altersstruktur (in %)						
2023	0,6%	1,0%	5,7%	31,4%	61,3%	100,0%
Unterschiede zwischen:						
2015 und 2023 (in 1.000)	-5,2	-8,7	-35,0	-104,2	0,7	-152,5
2015 und 2023 (in %)	-65,9%	-66,9%	-58,3%	-43,0%	0,3%	-25,8%
2022 und 2023 (in 1.000)	-0,4	-0,6	-3,4	-15,1	0,3	-19,2
2022 und 2023 (in %)	-11,6%	-12,7%	-11,9%	-9,9%	0,1%	-4,2%

Quelle: LIV 2016, 2021, 2022, 2023, 2024, Zusammenstellung und Berechnungen der Hessen Agentur.

Im Jahr 2023 belief sich der Heizungsbestand auf insgesamt 368.000 Öl- und 439.200 Gasfeuerungsanlagen. Das sind 99.300 Ölfeuerungsanlagen bzw. 21,2 Prozent und 152.500 Gasfeuerungsanlagen bzw. 25,8 Prozent weniger als im Jahr 2015. Erwartungsgemäß fanden dabei umso höhere relative Rückgänge statt, je älter die Heizungsanlagen waren.

Die Anzahl der Neuinbetriebnahmen von Ölfeuerungsanlagen war im Jahr 2023 mit 500 deutlich höher als im Vorjahr (269). Auch die Zahl der neuen Gasfeuerungsanlagen lag mit 4.676 deutlich über dem Vorjahresniveau (3.780). Beide Anstiege dürften auf Verunsicherung der Verbraucher infolge der Diskussion um die Reform des

Heizungsgesetzes zurückzuführen sein. Insgesamt lag die Zahl der Ölfeuerungsanlagen im Jahr 2023 um 17.500 (-4,5 %) und die Zahl der Gasfeuerungsanlagen um 19.200 Anlagen (-4,2 %) niedriger als ein Jahr zuvor.

Beheizung neu errichteter Wohngebäude und Wohnungen

Im Jahr 2023 wurden in Hessen insgesamt 5.900 Wohngebäude mit zusammen 17.795 Wohnungen fertiggestellt (siehe Tabelle 3). Im Vergleich zum Vorjahr waren dies 639 Wohngebäude (-9,8 %) und 736 neu errichtete Wohnungen (-4,0 %) weniger.

Tabelle 3: Im Jahr 2023 fertiggestellte Wohngebäude und Wohnungen nach zur Heizung verwendeten primären und sekundären Energiequellen (Neubau, ohne Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden, Anzahl, Anteilswerte in %)

A) Alle Heizarten	Primäre Energiequelle*		Sekundäre Energiequelle*	
	Wohngebäude	Wohnungen	Wohngebäude	Wohnungen
Öl	35 (0,6%)	54 (0,3%)	1 (0%)	5 (0%)
Gas	968 (16,4%)	4.047 (22,7%)	171 (2,9%)	1.185 (6,7%)
Fernwärme	465 (7,9%)	4.893 (27,5%)	8 (0,1%)	26 (0,1%)
Erneuerbare Energien	4.192 (71,1%)	8.262 (46,4%)	1.071 (18,2%)	2.935 (16,5%)
Strom	239 (4,1%)	538 (3%)	1.030 (17,5%)	1.910 (10,7%)
Keine Energie	1 (0%)	1 (0%)	3.619 (61,3%)	11.734 (65,9%)
Summe	5.900 (100%)	17.795 (100%)	5.900 (100%)	17.795 (100%)
B) Erneuerbare Energien				
Umweltwärme**	3.609 (86,1%)	6.381 (77,2%)	134 (12,5%)	450 (15,3%)
Holz	251 (6,0%)	1.126 (13,6%)	389 (36,3%)	538 (18,3%)
Geothermie**	221 (5,3%)	390 (4,7%)	26 (2,4%)	82 (2,8%)
Solarenergie	46 (1,1%)	105 (1,3%)	502 (46,9%)	1.630 (55,5%)
Biogas / Biomethan	17 (0,4%)	124 (1,5%)	3 (0,3%)	20 (0,7%)
Sonstige Biomasse	48 (1,1%)	136 (1,6%)	17 (1,6%)	215 (7,3%)
Summe	4.192 (100%)	8.262 (100%)	1.071 (100%)	2.935 (100%)

* 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 2024c.

In 4.192 und damit mehr als zwei Dritteln aller neu errichteten Wohngebäude (71,1 %) sind erneuerbare Energien die primäre Energiequelle bei der Beheizung. Dahinter folgen Gasheizungen (16,4 %) und Fernwärme (7,9 %). Ölf Feuerungsanlagen wurden hingegen nur noch in 0,6 Prozent aller neu errichteten Wohngebäude als primäre Energiequelle genutzt.

Auch bei den neu errichteten Wohnungen entfällt der mit Abstand größte Anteil auf erneuerbare Energien mit 46,4 Prozent, gefolgt von Fernwärme mit 27,5 Prozent und auf dem dritten Rang Gasheizungen mit 22,7 Prozent. Innerhalb der erneuerbaren Energien prägen Wasser- und insbesondere Luftwärmepumpen (in der Tabelle unter Umweltwärme zusammengefasst) sowohl bei den Wohngebäuden (86,1 %) als auch bei den Wohnungen (77,2 %) das Bild. Mit deutlichem Abstand folgen Holz (6,0 % bzw. 13,6 %) und Geothermie (5,3 % bzw. 4,7 %) als primäre Energiequellen.

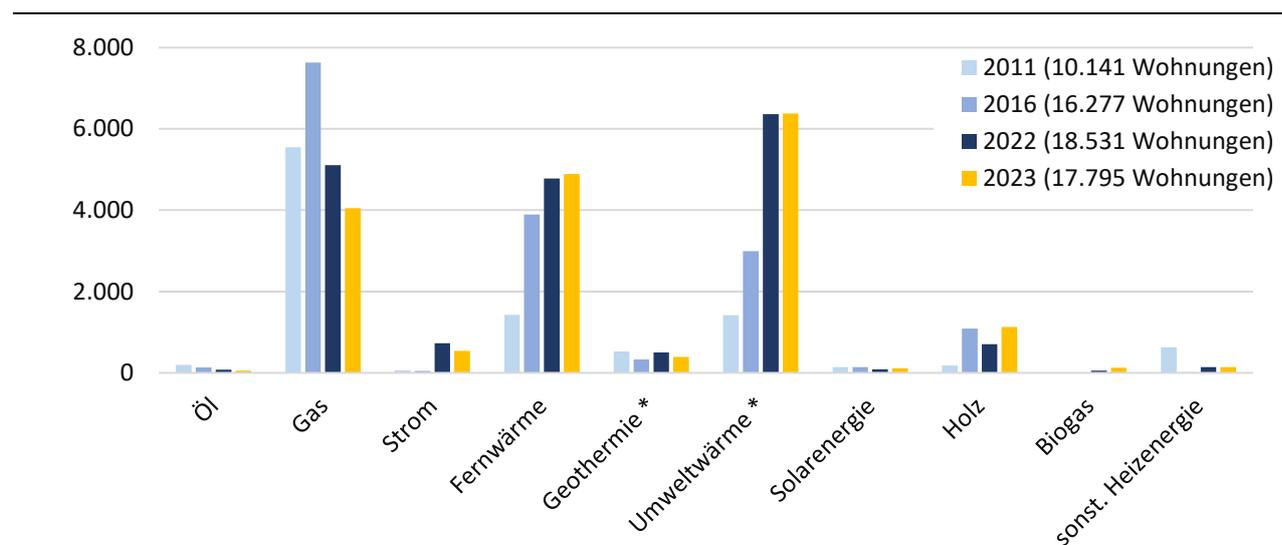
In 38,7 Prozent aller neu errichteten Wohngebäude und rund 34,0 Prozent der Wohnungen wird zusätzlich zur primären Energiequelle noch eine sekundäre Energiequelle zur Wärmeerzeugung eingesetzt. Dabei kommen überwiegend erneuerbare Energien zum Einsatz, gefolgt von strombetriebenen Heizungen und Gasheizungen. Als erneuerbare Heizungen kommen vor allem Solarenergieanlagen (Wohngebäude: 46,9 %; Wohnungen: 55,5 %) und Holzheizungen (Wohngebäude: 36,3 %; Wohnungen: 18,3 %) zum Einsatz.

Wie Abbildung 30 zeigt, hat sich seit 2011 die Struktur der in neu fertiggestellten Wohnungen verwendeten primären Energiequellen deutlich verändert. Stark erhöht hat sich in der letzten Dekade der Einsatz von Umweltwärme und von Fernwärme von jeweils gut 1.400 im Jahr 2011 auf knapp 6.400 Umweltwärmeheizungen und 4.900 Fernwärmeheizungen im Jahr 2023. Entsprechend erhöhen sich deren Anteile am gesamten Heizungsbestand von jeweils 14,0 Prozent im Jahr 2011 auf 35,9 Prozent für Umweltwärme und 27,5 Prozent für Fernwärme.

Über den gesamten betrachteten Zeitraum haben Wohnungen mit Öl, Solarenergie, Biogas und sonstigen Heizenergien als primäre Energiequellen nur eine geringe Bedeutung im Wohnungsneubau. Aber auch Geothermie, Holz und Strom kamen zuletzt im Jahr 2023 zusammen nur in rund 2.000 Wohnungen als Hauptenergiequellen zur Wärmeerzeugung zum Einsatz.

Gasheizungen wurden im Jahr 2016 noch in 7.634 bzw. fast der Hälfte der neu errichteten Wohnungen als primäre Energiequelle verwendet. Seither war die Entwicklung rückläufig auf zuletzt 4.047 Wohnungen, was einem Anteil von 22,7 Prozent entspricht.

Abbildung 30: Entwicklung fertiggestellter Wohnungen nach zur Heizung verwendeten primären Energiequellen in den Jahren 2011, 2016, 2022 und 2023



* 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 2012, 2017, 2023, 2024c.

Beheizung mit oberflächennaher Geothermie

Vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) werden für die 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.

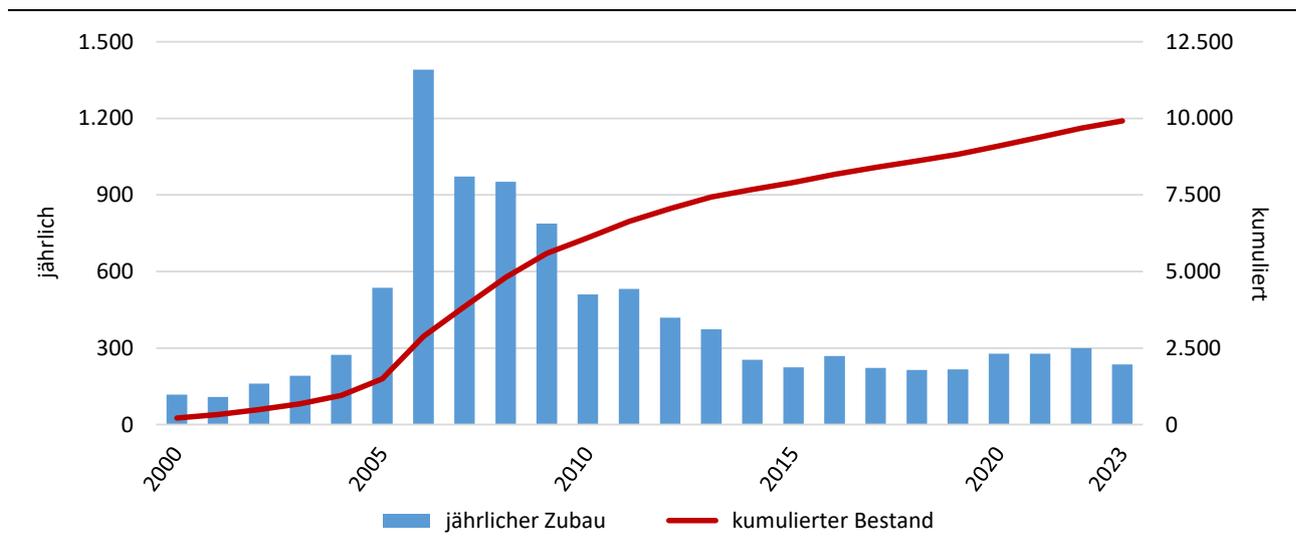
Die Hessische Landesregierung fördert im Rahmen der Effizienzsteigerung von Gebäuden auch den klimaschonenden Ausbau geothermisch gestützter Anlagen zum Heizen und Kühlen (siehe Maßnahmen 64 und 65 in Kapitel 11). Bis Ende 2023 wurden in Hessen insgesamt gut 9.900 EWS-Anlagen genehmigt und errichtet (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 steigenden Ölpreise zurückzuführen sein, die sich bis 2006 in etwa verdoppelt hatten (siehe Kapitel 10.1). Danach ist bis zum Jahr 2015 ein 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.

Von 2015 bis 2019 bewegte sich die Zahl der jährlichen EWS-Genehmigungen um ein Niveau von etwa 230 Anlagen. Von 2020 bis 2022 haben sich die Zulassungszahlen von 278 auf 300 erhöht, sind im Jahr 2023 vor dem Hintergrund eines rückläufigen Wohnungsbaus aber wieder auf 236 Anlagen gesunken.

Abbildung 31: Zubau von Erdwärmesonden-Anlagen in Hessen 2000-2023 (jährlich und kumuliert)



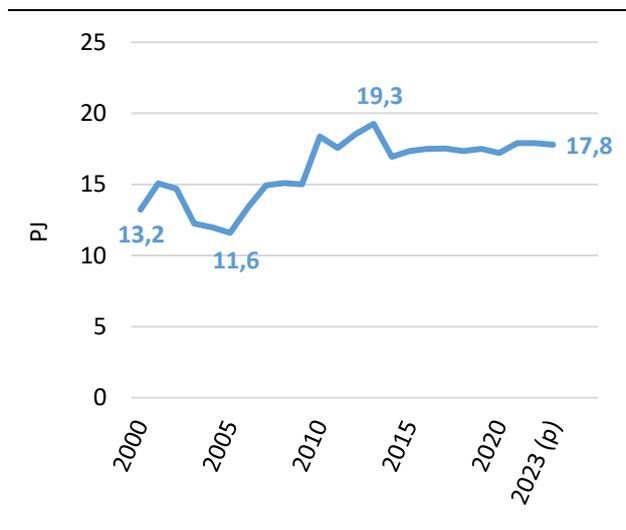
Quelle: HLNUG 2024.

Brennholzverbrauch der privaten Haushalte in Hessen

Der Brennholzverbrauch privater Haushalte wird in der Energiebilanz ausgewiesen. Wie zu erwarten, hängt der Brennholzverbrauch der privaten Haushalte in hohem Maße von den Witterungsverhältnissen ab. So sind in besonders kühlen Jahren wie z. B. 2010 deutliche Ausschläge nach oben, in milden Jahren wie z. B. 2014 dagegen deutliche Ausschläge nach unten feststellbar (siehe

Abbildung 32). Im milden Jahr 2023 wird der Brennholzverbrauch der privaten Haushalte in Hessen auf insgesamt 17,8 PJ geschätzt, ein leichter Rückgang in Höhe von 0,1 PJ gegenüber dem Vorjahr. In langfristiger Betrachtung ist der Verbrauch tendenziell angestiegen und hat sich seit dem Jahr 2000 um 34,6 Prozent erhöht.

Abbildung 32: Brennholzverbrauch der privaten Haushalte 2000-2023 (in PJ)



Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

5.4 Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor

Die Steigerung der Energieeffizienz im Neubau als auch durch Sanierungen im Gebäudebestand trägt maßgeblich zum Gelingen der Energiewende bei. Die Hessische Landesregierung hat daher zahlreiche Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor auf den Weg gebracht, wie z. B. die Förderung der Energieeffizienz im Mietwohnungsbau (siehe Kapitel 11). Im Folgenden sollen die von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) angebotenen Förderprogramme für den Neubau sowie für die Modernisierung von Bestandsgebäuden in Hessen dargestellt werden.

Neubau- und Sanierungsförderung der KfW

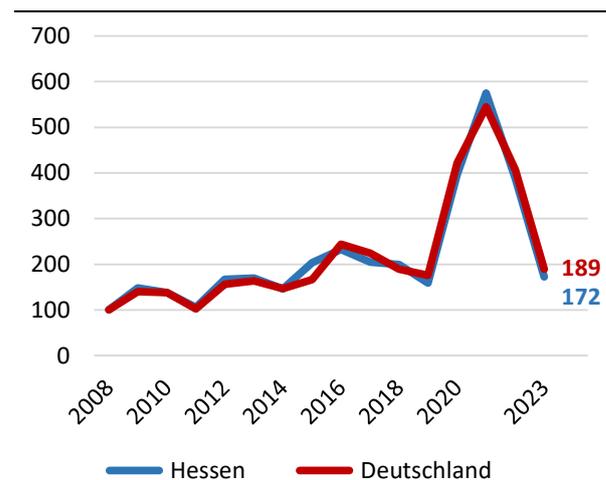
Nachdem im Jahr 2022 die staatliche Wohnungsbauförderung aufgrund eines regelrechten Anfragensturms vorübergehend eingestellt wurde, mussten die Förderprogramme grundlegend angepasst werden. So werden seit dem 1. März 2023 mit dem Programm „Klimafreundlicher Neubau“ (KFN) nur noch Neubauten gefördert, die die Anforderung an Treibhausgasemissionen des „Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude Plus“ erfüllen, den energetischen Standard eines Effizienzhauses 40 für Neubauten vorweisen und die nicht mit Öl, Gas oder Biomasse beheizt werden. Dabei sieht das neue Förderprogramm keine Zuschüsse mehr vor, sondern es werden für den Bau und Erstkauf besonders klimafreundlicher Häuser zinsverbilligte Kredite in Höhe von bis zu 150.000

Euro je Wohnung gewährt. Dabei betrachtet das Qualitätssiegel für nachhaltige Gebäude das Gebäude ganzheitlich: Kriterien sind neben dem Energieverbrauch auch die Umweltfreundlichkeit der Baustoffe und die Wiederverwertbarkeit der verwendeten Materialien.

Die Sanierungsförderung der KfW gemäß der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) erfolgt über Kredite, für die je nach realisiertem Effizienzstandard gestaffelte Tilgungszuschüsse gewährt werden. Die Zuschüsse bewegen sich je Wohnung dabei zwischen 6.000 Euro für die Kategorie „Effizienzhaus Denkmal“ und 37.5000 Euro für die Kategorie „Effizienzhaus 40“, die zusätzlich das Qualitätssiegel für nachhaltige Gebäude erfüllen.

Einhergehend mit der Umstellung der Wohnungsbauförderung haben sich die Fördervolumina der KfW signifikant reduziert (siehe Abbildung 33) und die Programmstruktur grundlegend verändert (siehe Abbildung 34). Im Jahr 2023 hat die KfW den Wohnungsbau in Deutschland mit insgesamt knapp 12 Mrd. Euro gefördert, 0,75 Mrd. Euro bzw. 6,3 Prozent davon entfielen auf Hessen. Gegenüber dem Vorjahr 2022 hat sich das Fördervolumen sowohl in Deutschland (-53,5 %) als auch in Hessen (-55,6 %) mehr als halbiert und es wurde sowohl in Hessen als auch in Deutschland in etwa wieder das Förderniveau des Jahres 2019 erreicht. Generell sind die Indexentwicklungen des Fördervolumens in Hessen und Deutschland weitgehend parallel verlaufen.

Abbildung 33: Entwicklung des Fördervolumens der KfW für Neubau und Gebäudesanierung, Hessen und Deutschland 2008-2023 (Index 2008 = 100)



Quelle: KfW 2024.

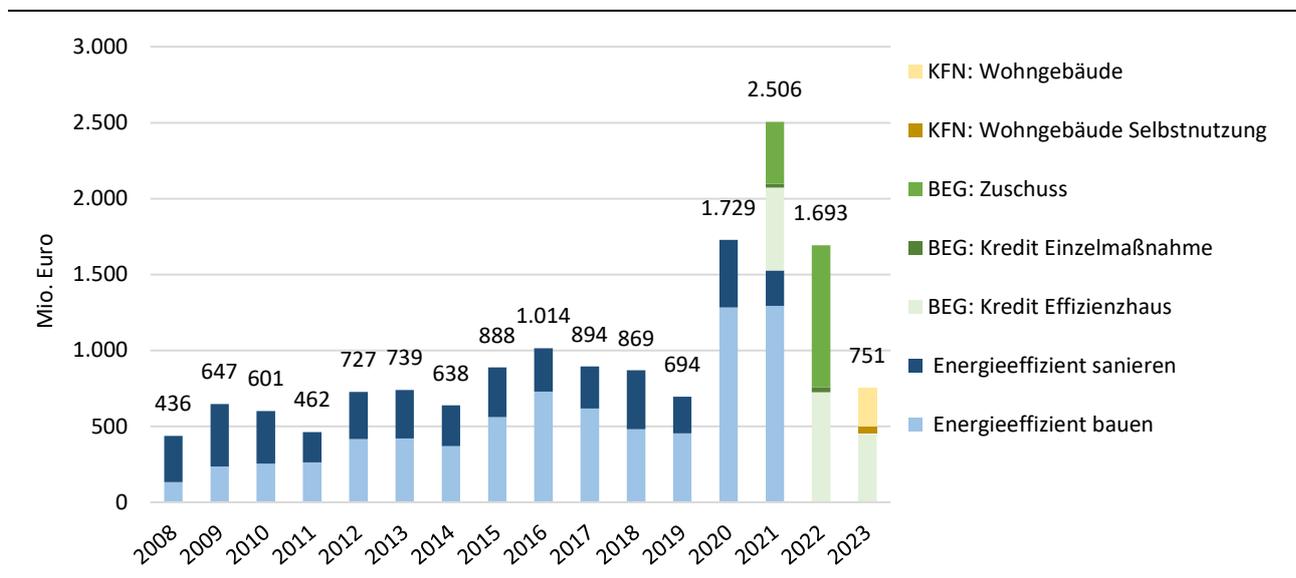
Das starke Ansteigen des Fördervolumens in den Jahren 2020 und 2021 und der anschließende Rückgang sind auf die Umstrukturierungen der Förderprogramme zurückzuführen. Bereits erteilte Förderzusagen wurden weiter It

bedient, parallel dazu flossen Fördergelder aus den neuen Programmen. Dabei dürften auch Vorzieheffekte eine Rolle gespielt haben, wodurch sich die starke Zunahme des Fördervolumens für das Programm „Effizient bauen“ im Jahr 2020 und das anhaltend hohe Niveau im Jahr 2021 erklären ließen (siehe dazu auch Abbildung 34).

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 Anstieg in den Jahren 2020 und 2021 wurde großenteils durch das Förderprogramm „Energieeffizient bauen“ geprägt. Der deutliche Anstieg

im Jahr 2021 ging einher mit der Einführung der Programme für BEG-Wohngebäude zur Jahresmitte 2021 mit einem Gesamtfördervolumen für Hessen in Höhe von 979 Mio. Euro. Mit Wegfallen insbesondere des Förderprogramms „Energieeffizient bauen“ sowie durch die Umstrukturierung der Sanierungsförderung zeichnete sich bereits im Jahr 2022 ein markanter Rückgang des Fördervolumens ab. Der abermalige Rückgang im Jahr 2023 ist maßgeblich auf die Streichung der BEG-Zuschüsse zurückzuführen. Der im Jahr 2023 zu beobachtende Rückgang des Fördervolumens für BEG-Effizienzhaus konnte vollständig durch die Programme „KfN-Wohngebäude“ und „KfN-Selbstnutzung“ kompensiert werden.

Abbildung 34: KfW-Förderung zur Steigerung der Energieeffizienz von Wohngebäuden in Hessen 2008-2023
(in Mio. Euro)



Quelle: KfW 2024.

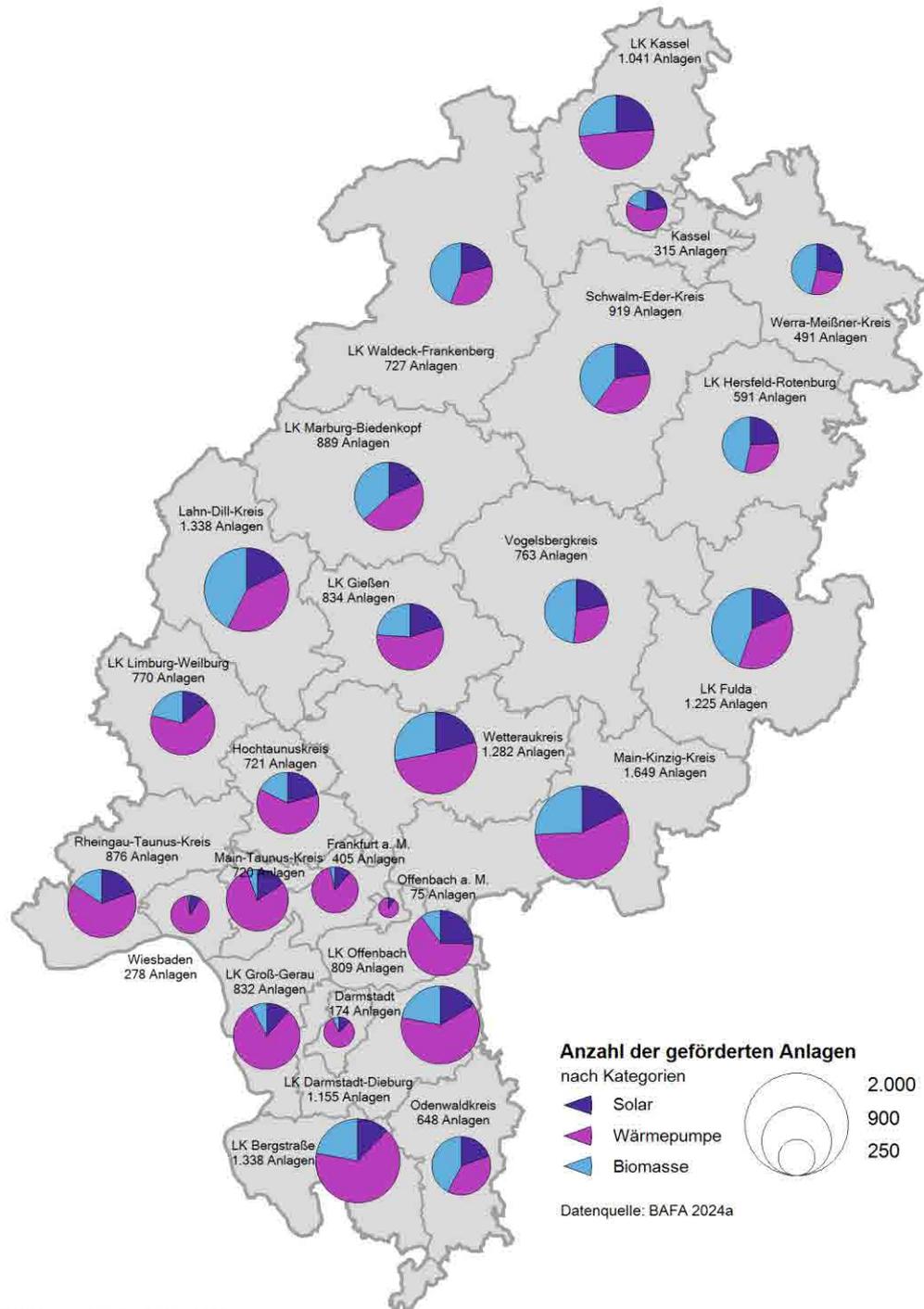
Im Jahr 2023 hat die KfW in Hessen insgesamt 1.978 Zusagen zur Förderung von Wohngebäuden in Hessen erteilt und dadurch 7.602 Wohneinheiten gefördert. Differenziert nach einzelnen Förderprogrammen verteilen sich die im Jahr 2023 für Hessen insgesamt bereitgestellten KfW-Fördermittel zur Verbesserung der Energieeffizienz und Klimafreundlichkeit in Höhe von 751 Mio. Euro auf 449 Mio. Euro (66 %) für Kredite im Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ (BEG-Effizienzhaus), 249 Mio. Euro (28 %) für das Programm „Klimafreundlicher Neubau für Wohngebäude“ (KfN-Wohngebäude) sowie 53 Mio. Euro (6 %) für das Programm „Klimafreundlicher Neubau bei Selbstnutzung“ (KfN-Selbstnutzung) (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Wohnungsförderung der KfW in Hessen 2023

	Anzahl der Zusagen	Mio. Euro	Geförderte Wohneinheiten
BEG: Effizienzhaus	1.141	449	5.019
KfN: Wohngebäude	471	249	2.125
KfN: Selbstnutzung	366	53	458
Insgesamt	1.978	751	7.602

Quelle: KfW 2024.

Abbildung 35: Im Rahmen des MAP und der BEG durch das BAFA im Jahr 2023 geförderte Anlagen zur Wärmeerzeugung in Hessen



Förderprogramme der BAFA für Investitionsmaßnahmen zur Steigerung der Effizienz von Gebäuden bei der Wärmeerzeugung

In Hessen wurden im Jahr 2023 insgesamt rund 20.895 Anlagen zur Steigerung der Effizienz von Gebäuden bei der Wärmeerzeugung vom BAFA gefördert. Das bedeutet im Vergleich zu den 10.095 im Vorjahr geförderten Anlagen mehr als eine Verdopplung. Dies spiegelt sich auch in den ausgezahlten Zuschüssen wider, die sich für Hessen von 9,9 Mio. Euro im Jahr 2022 auf 14,2 Mio. Euro im Jahr 2023 erhöht haben.

Bei mehr als der Hälfte (54 %) aller im Jahr 2023 geförderten Anlagen handelt es sich um Wärmepumpen, gefolgt von Biomasseanlagen (28 %) und Solarthermieanlagen (19 %). Dadurch erfolgte im Jahr 2023 ein Leistungszubau durch die Förderung von Biomasseheizungen in Höhe von 78,0 MW und von Wärmepumpen in Höhe von 21,3 MW. Zudem wurde eine Fläche von 23.800 Quadratmetern an Solarthermieanlagen zugebaut.

In Abbildung 35 ist die regionale Verteilung der Anlagen dargestellt. Ersichtlich wird, dass in den kreisfreien Städten verhältnismäßig wenige Anlagen gefördert wurden. Andererseits konzentrieren sich Biomasseanlagen vor allem auf ländlich geprägte Landkreise.

Förderprojekt „Solarwärme Bracht“

Mit über 5,6 Millionen Euro unterstützt das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum ein wegweisendes Projekt für die Wärmewende in den Rauschenberger Stadtteilen Bracht und Bracht Siedlung im Landkreis Marburg-Biedenkopf aus Mitteln des Europäischen Strukturfonds (EFRE). Die beiden Stadtteile sind dörflich geprägt und weisen einen hohen Anteil an Fachwerkhäusern auf, was eine besondere Herausforderung im Hinblick auf eine effiziente Wärmeversorgung bedeutet.

Das genossenschaftlich getragene und von der Universität Kassel in enger Zusammenarbeit mit der LandesenergieAgentur wissenschaftlich begleitete Projekt „Solardorf Bracht“ wird voraussichtlich ab Ende 2025 rund 180 Haushalte mit Raumwärme und Warmwasser versorgen. Möglich wird dies durch die innovative Kombination aus einem von einem Solarthermiefeld gespeisten saisonalen Erdbeckenwärmespeicher, ergänzt durch einen Biomassekessel und eine große Wärmepumpe. Der solare Anteil zur Deckung des gesamten jährlichen Wärmebedarfs von rund 4.000 Megawattstunden in den beiden Stadtteilen wird rund 70 Prozent betragen.

Die weitgehend klimaneutral gewonnene Wärme wird über ein eigens gebautes Nahwärmenetz mit einer Länge von 8,2 Kilometern zu den angeschlossenen Haushalten geliefert. Technische Auslegung und Wirtschaftlichkeit des Projektes waren zuvor in einer vom Land finanzierten Machbarkeitsstudie ermittelt worden.

Es soll damit eine Wärmeversorgung ohne fossile Brennstoffe für den ländlich geprägten Teil Hessens demonstriert werden. Der Spatenstich für das Projekt fand am 31. Oktober 2023 statt.

Weitere Informationen unter:

<https://www.solarwaerme-bracht.de/>



Energetische Sanierung der Bestandsgebäude und Errichtung von Neubauten der Liegenschaften des Hessischen Polizeipräsidiums

Direktion Bereitschaftspolizei Nord in Kassel

Bei der Bereitschaftspolizei Nord in Kassel wurden Bestandsgebäude energetisch saniert und das Verwaltungs- und Wachgebäude neu errichtet.

Bei der Entwicklung des Energiekonzeptes wurde auf zwei prinzipielle Verfahrensweisen geachtet. Zum einen wurde der Energieverbrauch reduziert, indem die Außenhüllen der Gebäude sowie die Energieerzeugung, -verteilung und -übergabe deutlich verbessert wurden. Hierbei wurden die Gebäude gedämmt und Fenster, Türen und Tore erneuert. Außerdem wird die benötigte Energie durch regenerative Energieträger substituiert. Die am Standort Kassel anstehende Fernwärme als ökologischer und stabiler Energieträger wird weiterhin als ergänzendes Medium zu folgenden regenerativen Energieträgern genutzt:

1. Luft- / Wasserwärmepumpe zur Einspeisung in das Niedertemperaturnetz (aus der Luft entnommene und technisch nutzbar gemachte Umweltwärme)
2. Solarthermieanlage
3. Photovoltaikanlage inklusive Batteriespeicher zur Reduzierung des Strombezugs

Grundsätzlich wird mit dem vorgelegten Energie- bzw. Sanierungskonzept das Ziel verfolgt, die bestehende Bausubstanz weitgehend zu erhalten, um hierdurch den Verbrauch der „grauen Energie“ (Energie, die zur Errichtung von Gebäuden notwendig ist) auf ein Minimum zu reduzieren.

Der Energiebedarf sowie die Heizlast der Gebäude wurde durch Dämmmaßnahmen sowie den Einsatz von energieeffizienter Gebäudetechnik (Lüftungsgeräte, Heizung, Beleuchtung, Wärmepumpe zur Beckenwassererwärmung) reduziert. Die Nahwärmeleitungen der Liegenschaft wurden gegen neue, sehr gut isolierte Leitungen ausgetauscht. Hierdurch wurde der vorher sehr hohe Wärmeverlust massiv reduziert.

Durch die Maßnahmen kann der Wärmeverbrauch am Standort Kassel im Vergleich zum langjährigen Mittelwert um ca. 58 Prozent reduziert werden. Die Fernwärme wird hierbei zu mehr als 20 Prozent durch regenerative Energie ersetzt.

Die Bereitschaftspolizei Nord in Kassel mit einer Bruttogrundfläche von 37.920 m² wurde im Rahmen eines Public-Private-Partnership-Verfahrens über einen privaten Partner finanziert, geplant, energetisch saniert und wird seit Baubeginn 2020 von diesem auch über eine Vertragslaufzeit von 30 Jahren bewirtschaftet.



Gebäude 39 (Neubau Verwaltungs- und Wachgebäude) in Kassel

6

Anlagen der erneuerbaren und konventionellen Energieerzeugung



6 Anlagen der erneuerbaren und konventionellen Energieerzeugung

Hessen hatte im Jahr 2023 ein Rekordjahr beim Ausbau der erneuerbaren Energieanlagen. Insgesamt wurde eine elektrische Leistung von netto 844 MW zugebaut und damit fast doppelt so viel wie im Vorjahr. Dadurch erhöhte sich die in Hessen installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen auf 6,6 GW zum Jahresende 2023. Das entspricht gegenüber dem Vorjahr einem Zuwachs in Höhe von 15 Prozent.

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 Wasserkraftwerke. Pumpspeicherwasserkraftwerke werden generell nicht zu den erneuerbaren Energieanlagen gezählt.

Datengrundlage für die Auswertungen in Kapitel 6.1 sind die Anlagenstammdaten der Übertragungsnetzbetreiber im Rahmen der EEG-Jahresabrechnung 2022 (ÜNB 2023). Darüber hinaus wurde das Marktstammdatenregister (BNetzA 2024a) herangezogen. Als Datenquelle für Windenergieanlagen wird das Länderinformationssystem für Anlagen (LIS-A 2024) hinzugezogen. Da zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses die EEG-Jahresabrechnung für das Jahr 2023 noch nicht vorlag, wird eine Schätzung des IE-Leipzig (2024) zu den eingespeisten Strommengen im Jahr 2023 herangezogen.

Im Unterschied zu den Auswertungen der vorangegangenen Monitoringberichte wird als Datenquelle für den Bestand an Windenergieanlagen nun ausschließlich das Länderinformationssystem für Anlagen (LIS-A 2024) genutzt. Einzig am aktuellen Rand werden aus Aktualitätsgründen ggf. zusätzlich Informationen aus dem Marktstammdatenregister (BNetzA 2024a) ergänzt. Gegenüber den in den Daten der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB 2023) verzeichneten Windenergieanlagen gibt es geringfügige Abweichungen, da die in Hessen vorhandenen 25 Kleinwindanlagen mit einer summierten elektrischen Leistung von 400 kW (0,02 %) nun nicht mehr aufgeführt werden. In den Daten der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB 2023) und auch in der amtlichen Energiestatistik bzw. Energiebilanz (HSL 2024a) werden die Windenergieanlagen dem Standort des Netzanschlusspunkts und nicht dem tatsächlichen Standort der Anlage zugeordnet. Hierdurch werden 51 Windenergieanlagen mit einer elektrischen Leistung von 129 MW in den Übertragungsnetzbetreiberdaten bzw. der amtlichen Energiebilanz anderen Bundesländern zugeordnet, obwohl sich der tatsächliche geografische Anlagenstandort in Hessen befindet. Im Länderinformationssystem für Anlagen sind die Windenergieanlagen nach dem geografischen Standort berücksichtigt. Die in diesem Kapitel dargestellten Daten zur Windenergie weichen daher von den Ergebnissen der amtlichen Energiestatistik bzw. Energiebilanz ab.

Die Bundesnetzagentur hat am 31. Januar 2019 das Webportal zum Marktstammdatenregister (MaStR) unter www.marktstammdatenregister.de freigeschaltet und damit die bestehenden Register abgelöst (BNetzA 2024a). 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.

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

Der weitere Ausbau von erneuerbaren Energieanlagen ist wesentlich für das Gelingen der Energiewende in Hessen. Dies gilt insbesondere für Photovoltaik- und Windenergieanlagen, die in Hessen eine tragende Rolle spielen. Denn nur durch einen immer weiteren Ausbau von erneuerbaren Energieanlagen wird es möglich sein, den benötigten Strom in Zukunft klimaneutral zu erzeugen und die momentan in Hessen eingesetzten fossilen Energieträger wie Kohle und Erdgas vollständig zu ersetzen. Das reine Ersetzen vorhandener fossiler Kraftwerkskapazitäten wird allerdings nicht ausreichen, da zeitgleich eine Transformation im Verkehrs- und Wärmebereich stattfindet. Unter anderem aufgrund der zunehmenden Elektromobilität und des verstärkten Einsatzes von Wärmepumpen nimmt Strom eine immer größere Bedeutung ein. Es müssen daher neben der Substitution von vorhandenen konventionellen Kraftwerkskapazitäten zusätzliche erneuerbare Stromerzeugungskapazitäten aufgebaut werden.

Die Umstellung der Stromerzeugung auf erneuerbare Energien bringt große Herausforderungen mit sich. Das vorhandene Energiesystem muss erheblich umstrukturiert werden. Im „alten“ Energiesystem auf Basis von konventionellen Energieträgern haben große Kraftwerke an wenigen Standorten beträchtliche Mengen an Strom produziert und zentral in die Netze eingespeist. Das „neue“ Energiesystem auf Basis von erneuerbaren Energieträgern ist von Dezentralität geprägt. Mehr als 240.000 erneuerbare Energieanlagen sind über ganz Hessen verteilt und speisen an sehr vielen Stellen Strom in die Netze ein.

Eine weitere Herausforderung betrifft den Aspekt der Versorgungssicherheit und der Verfügbarkeit der Energieträger. Während man bei konventionellen Energieanlagen zumindest bis zum Beginn des Russland-Ukraine-Kriegs annehmen konnte, dass die benötigten Energieträger jederzeit und witterungsunabhängig zur Verfügung stehen, ist dies bei den erneuerbaren Energieträgern Windenergie und Photovoltaik nicht der Fall, da an windstillen und bewölkten Tagen die Stromproduktion nur sehr eingeschränkt möglich ist. Der Russland-Ukraine-Krieg zeigte aber auch auf, dass die Verfügbarkeit von konventionellen Energieträgern schnell ins Wanken geraten kann. Vor diesem Hintergrund trägt die Energiewende mit ihrer dezentralen Energieerzeugung vor Ort zur Versorgungssicherheit bei. Nichtsdestotrotz muss die Energieversorgung in Hessen auf Basis von erneuerbaren Energieträgern so gestaltet werden, dass jederzeit – auch bei einer Dunkelflaute – genügend Strom zur Verfügung steht. Hierbei wird der verstärkte Einsatz von Stromspeichern eine große Rolle spielen, aber auch eine flexiblere Nutzung auf der Verbraucherseite.

Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen nach dem EEG

In Hessen waren zum Jahresende 2023 insgesamt 242.331 erneuerbare Energieanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von 6.600,0 MW in Betrieb (siehe Tabelle 5 sowie Informationen zur Datenquelle). Gegenüber dem Vorjahr hat sich die installierte elektrische Leistung um 14,7 Prozent erhöht.

Tabelle 5: Anzahl und installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2023 in Hessen nach Energieträgern

Energieträger	Anlagenzahl	Installierte Leistung (in MW)	Anteil installierte Leistung
Biomasse*	512	287,4	4,4%
Photovoltaik	240.146	3.728,5	56,5%
dar. Freifläche**	323	558,9	8,5%
Wasserkraft	492	64,3	1,0%
Windenergie	1.181	2.519,7	38,2%
Summe	242.331	6.600,0	100,0%

* inklusive Deponie- und Klärgas, ** ≥ 100 kW

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

Quelle: ÜNB 2023, BNetzA 2024a, LIS-A 2024, Bereinigungen der Hessen Agentur.

Zum Ende des Jahres 2023 waren 240.146 Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 3.728,5 MW installiert. Damit stellt die Photovoltaik mit einem Anteil von 56,5 Prozent mehr als die Hälfte der gesamten installierten Leistung erneuerbarer Energieanlagen. Die Mehrheit dieser Anlagen sind Dachanlagen auf Wohnhäusern. Zusätzlich gibt es in Hessen größere Freiflächenanlagen, die zum Jahresende 2023 eine installierte Leistung von 558,9 MW erreichten. Dies entspricht 15 Prozent der gesamten installierten Leistung von Photovoltaikanlagen.

Hinsichtlich der installierten elektrischen Leistung nimmt die Windenergie in Hessen mit 2.519,7 MW und einem Anteil von 38,2 Prozent die zweitwichtigste Position ein. Zum Jahresende 2023 waren insgesamt 1.181 Windenergieanlagen in Betrieb. Nicht mitgezählt sind Kleinwindanlagen mit einer geringen elektrischen Leistung. In Hessen gibt es 25 davon, auf die in Summe eine installierte Leistung rund 0,4 MW entfallen. Aufgrund ihrer geringen Höhe unterliegen diese Kleinwindanlagen im Gegensatz zu normalen Windenergieanlagen nicht der Genehmigungspflicht nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG).

Zum Mix des in Hessen erzeugten erneuerbaren Stroms tragen auch Biomasse- und Wasserkraftanlagen bei. Diese Energieträger spielen jedoch mit Anteilen von 4,4 Prozent bzw. 1,0 Prozent an der installierten Leistung eine eher untergeordnete Rolle. Zum Jahresende 2023 waren in Hessen 512 Biomasseanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von 287,4 MW in Betrieb. Hauptsächlich wird in diesen Anlagen Biogas als Brennstoff verwendet, jedoch zählen auch Deponie- und Klärgasanlagen dazu. Die 492 in den Daten der Übertragungsnetzbetreiber aufgeführten Wasserkraftanlagen erreichten eine installierte elektrische Leistung von insgesamt 64,3 MW.

Dabei handelt es sich größtenteils um Anlagen mit sehr kleinen Turbinen, wobei es auch neun größere Anlagen mit einer installierten Leistung von mindestens 1 MW gibt.

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

Im Laufe des Jahres 2023 hat sich der Anlagenbestand um 65.880 Anlagen und die installierte elektrische Leistung um 843,9 MW erhöht. Hierbei handelt es sich um den sogenannten Netto-Zubau. Dieser 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 addiert werden, um den Netto-Zubau zu ermitteln. Die Inbetriebnahmen, die Stilllegungen, die Leistungsänderungen und als Summe der Netto-Zubau sind für die einzelnen Energieträger im Zeitverlauf von 2019 bis zum ersten Halbjahr 2024 in Tabelle 6 (Anlagenzahl) und in Tabelle 7 (installierte Leistung) dargestellt.

Tabelle 6: Neu in Betrieb genommene und stillgelegte erneuerbare Energieanlagen in Hessen sowie Netto-Zubau 2019 bis 1. Halbjahr 2024 (Anzahl)

Energieträger	Kategorie	2019	2020	2021	2022	2023	1. Halbjahr 2024
Biomasse*	Inbetriebnahme	+7	+4	+7	+9	+8	-
	Stilllegung	-1	-7	-6	-7	-3	-2
	Netto-Zubau	+6	-3	+1	+2	+5	-2
Photovoltaik	Inbetriebnahme	+6.547	+11.250	+14.438	+26.627	+66.147	+37.655
	dar. Freifläche**	+18	+22	+18	+26	+25	+15
	Stilllegung	-6	-29	-71	-74	-308	-392
	Netto-Zubau	+6.541	+11.221	+14.509	+26.553	+65.839	+37.263
Wasserkraft	Inbetriebnahme	+6	+3	+2	+5	-	-
	Stilllegung	-	-	-1	-3	-	-
	Netto-Zubau	+6	+3	+1	+2	0	0
Windenergie	Inbetriebnahme	+4	+27	+18	+13	+38	+10
	Stilllegung	-3	-3	-2	-7	-2	-16
	Netto-Zubau	+1	+24	+16	+6	+36	-6
Gesamt	Inbetriebnahme	+6.564	+11.284	+14.465	+26.654	+66.193	+37.665
	Stilllegung	-10	-39	-80	-91	-313	-410
	Netto-Zubau	+6.554	+11.245	+14.527	+26.563	+65.880	+37.255

* inklusive Klär- und Deponiegas

** Inbetriebnahmen von Photovoltaik-Freiflächenanlagen mit einer Leistung von mindestens 100 kW.

Quelle: ÜNB 2023, BNetzA 2024a, LIS-A 2024, Zusammenstellung und Berechnungen der Hessen Agentur.

Tabelle 7: Neu in Betrieb genommene und stillgelegte Leistung sowie Leistungsänderung und Netto-Zubau von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen 2019 bis 1. Halbjahr 2024 (in MW)

Energieträger	Kategorie	2019	2020	2021	2022	2023	1. Halbjahr 2024
Biomasse*	Inbetriebnahme	+3,5	+2,5	+0,4	+2,0	+1,9	-
	Stilllegung	-0,3	-6,2	-7,5	-12,6	-0,8	-0,2
	Leistungsänderung	+10,0	+9,6	+2,9	+0,5	+0,2	-
	Netto-Zubau	+13,2	+5,8	-4,2	-10,0	+1,3	-0,2
Photovoltaik	Inbetriebnahme	+156,2	+211,5	+229,6	+398,5	+680,4	+357,5
	dar. Freifläche**	+16,2	+23,1	+27,8	+113,3	+76,8	+39,9
	Stilllegung	-0,0	-0,69	-0,8	-1,0	-1,2	-0,7
	Leistungsänderung	-	-	-	-	-	-
	Netto-Zubau	+156,1	+210,8	+228,8	+397,4	+679,2	+356,8
Wasserkraft	Inbetriebnahme	+0,2	+0,1	+0,2	+1,5	-	-
	Stilllegung	-	-	-	-1,2	-	-
	Leistungsänderung	+0,19	-	-	-	-	-
	Netto-Zubau	+0,4	+0,1	+0,2	+0,3	0,0	0,0
Windenergie	Inbetriebnahme	+13,5	+86,9	+61,7	+58,6	+164,7	+57,4
	Stilllegung	-1,8	-4,8	-1,0	-6,6	-1,3	-9,1
	Leistungsänderung	-	-	-	-	-	-
	Netto-Zubau	+11,7	+82,1	+60,7	+52,0	+163,4	+48,3
Gesamt	Inbetriebnahme	+173,4	+300,9	+291,9	+460,6	+847,0	+414,9
	Stilllegung	-2,1	-11,7	-9,3	-21,4	-3,3	-10,0
	Leistungsänderung	+10,2	+9,6	+2,9	+0,5	+0,2	0,0
	Netto-Zubau	+181,5	+298,8	+285,4	+439,7	+843,9	+404,9

* inklusive Klär- und Deponiegas

** Inbetriebnahmen von Photovoltaik-Freiflächenanlagen mit einer Leistung von mindestens 100 kW.

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: ÜNB 2023, BNetzA 2024a, LIS-A 2024, Zusammenstellung und Berechnungen der Hessen Agentur.

Im Jahr 2023 wurde in Hessen ein Rekord-Zubau erreicht. Mit einem Netto-Zubau von 844 MW liegt dieser fast doppelt so hoch wie im Vorjahr (440 MW) und fast dreimal so hoch wie im Jahr 2021 (285 MW). Dies ist eine sehr positive Entwicklung nach dem sehr schwachen Jahr 2019 mit einem Netto-Zubau von lediglich 182 MW und den mäßigen Zubauwerten in den Jahren 2020 und 2021 in Höhe von netto 300 MW bzw. 285 MW. Mit Blick auf das erste Halbjahr ist für das Jahr 2024 nochmals ein Übertreffen der Ausbauwerte des Jahres 2023 und damit eine Fortsetzung des Positivtrends zu erwarten.

Der Zubau im Jahr 2023 wird hauptsächlich von der Entwicklung beim Energieträger Photovoltaik getragen. Während im Jahr 2019 noch 156 MW an Photovoltaikanlagen neu in Betrieb genommen wurden, erhöhten sich die Inbetriebnahmen sukzessive auf 212 MW im Jahr 2020, 230 MW im Jahr 2021, 399 MW im Jahr 2022 auf schließlich 680 MW im Jahr 2023. Im ersten Halbjahr 2024 wurden bereits 357,5 MW neu zugebaut. Den höchsten prozentualen Anstieg bei den Inbetriebnahmen gab es im Jahr 2022, der im Vergleich mit dem Vorjahr

um 74 Prozent höher lag. Dieser Trend setzte sich im Jahr 2023 mit einer weiteren Steigerung der Inbetriebnahmen um 71 Prozent fort. Stilllegungen haben beim Energieträger Photovoltaik nur eine geringe Bedeutung. Im Jahr 2023 wurden 308 Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von 1,2 MW außer Betrieb genommen. Im ersten Halbjahr 2024 waren es 392 Anlagen mit 0,7 MW Leistung.

Die positive Entwicklung beim Ausbau der erneuerbaren Energien in Hessen ist jedoch nicht allein auf den Energieträger Photovoltaik zurückzuführen. Auch bei der Windenergie zeigt sich im Jahr 2023 eine positive Entwicklung und die Ausbauwerte der Vorjahre werden deutlich übertroffen. Im Jahr 2019 lag der Ausbau nur bei vier Anlagen mit 14 MW. In den Folgejahren gingen 27 Anlagen mit 87 MW (Jahr 2020), 18 Anlagen mit 62 MW (Jahr 2021) und 13 Anlagen mit 59 MW (Jahr 2022) neu ans Netz. Im Jahr 2023 sind in Summe 38 Anlagen mit einer Leistung von 165 MW neu in Betrieb genommen worden. Im ersten Halbjahr 2024 konnten bislang zehn Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 57,4 MW realisiert werden.

Mit Blick auf die Genehmigungszahlen (siehe Tabelle 9) ist zu erwarten, dass im Jahr 2024 noch weitere Anlagen hinzukommen und der positive Trend auch im Jahr 2024 anhält.

Im Jahr 2023 wurden zwei Windenergieanlagen mit einer Leistung von 1,3 MW und im ersten Halbjahr 2024 insgesamt 16 Anlagen mit einer Leistung von 9,1 MW stillgelegt. Werden diese Werte mit der jeweils neu in Betrieb genommenen Leistung verrechnet, ergibt sich bei der Windenergie ein Netto-Zubau von 163,4 MW im Jahr 2023 und von 48,3 MW im ersten Halbjahr 2024. Die Stilllegungen der Vorjahre belaufen sich auf 1,8 MW im Jahr 2019, auf 4,8 MW im Jahr 2020, auf 1,0 MW im Jahr 2021 und auf 6,6 MW im Jahr 2022.

Die im Jahr 2023 positive Entwicklung beim Ausbau von Windenergieanlagen – nachdem dieser im Jahr 2019 deutschlandweit eingebrochen war und sich in den Jahren 2020 bis 2022 nur wenig erholt hat – zeigt bereits die Wirkung verschiedener getroffener Maßnahmen, um den Ausbau der Windenergie wieder anzukurbeln.

Auf Bundesebene wurde im Sommer 2022 ein Gesetzespaket geschnürt. Das Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG) legt für die Bundesländer verbindliche Flächenziele fest, die von den Bundesländern für die Windenergienutzung planerisch zu sichern sind (siehe Abschnitt zu den Windvorranggebieten auf S. 60). 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. Des Weiteren hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Mai 2023 die Windenergie-an-Land-Strategie veröffentlicht (BMWK 2023a). In dieser Strategie werden zwölf Handlungsfelder identifiziert, die Lösungen für die vielfältigen Hemmnisse beim Ausbau von Windenergie aufzeigen. Durch konkrete Maßnahmen und deren gesetzliche Umsetzung soll der Windenergieausbau deutlich beschleunigt werden. Zu den Handlungsfeldern zählen u. a. „Bestandsanlagen erhalten und Repowering beschleunigen“, „Genehmigungsverfahren vereinfachen und beschleunigen“ und „Transporte von Windenergieanlagenteilen und anderen großen und schweren Gütern erleichtern“.

Neben den Bundesmaßnahmen hat auch das Land Hessen Aktivitäten zur Beschleunigung des Windenergieausbaus bzw. zum Abbau der Hemmnisse unternommen. Hierunter zählt der gemeinsame Erlass des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen zu den Neuregelungen zur Beschleunigung des Windenergieausbaus (HMUKLV, HMWEVW 2023). Im Erlass werden die auf Bundesebene erlassenen Gesetze für die Umsetzung

konkretisiert. Auslegungs- und Anwendungsfragen werden im Erlass verbindlich beantwortet, sodass die Genehmigungsbehörden in Hessen die neuen Gesetze vollumfänglich und auf solider Basis zur Anwendung bringen können. Ein weiterer wichtiger Schritt ist die Einrichtung eines neuen Senats bzw. drei neuer Richterstellen zum 1. April 2023 beim Verwaltungsgericht Kassel, der erstinstanzlich für Windenergieverfahren zuständig ist. Der neue Senat widmet sich vorrangig Verfahren, die den Windenergieausbau betreffen, und deren zügiger Bearbeitung. Eine weitere Maßnahme des Landes Hessen zur Beschleunigung des Windenergieausbaus ist die Schaffung von zusätzlichen Personalstellen in den Regierungspräsidien, und zwar im Bereich der Genehmigung von Windenergieanlagen. Im Jahr 2022 wurden den Genehmigungsbehörden insgesamt zehn Stellen neu zugewiesen. In den Jahren 2023 und 2024 sind weitere elf Stellen im Haushalt eingeplant. Zusätzlich wurden Prozesse in den Regierungspräsidien optimiert. Fachübergreifende Windenergie-Projektgruppen sollen zur beschleunigten Bearbeitung von Genehmigungsverfahren beitragen (RP Darmstadt 2023).

Im Vergleich mit Photovoltaik und Windenergie wurden im Jahr 2023 beim Energieträger Biomasse nur wenige Anlagen zugebaut. Insgesamt wurden acht Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 1,9 MW neu in Betrieb genommen. Die Werte der Vorjahre liegen im Bereich zwischen 0,4 MW und 3,5 MW. Stillgelegt wurden im Jahr 2023 insgesamt drei Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von 0,8 MW. Damit fällt die Außerbetriebnahme von Anlagen nicht mehr so hoch aus wie in den Vorjahren. In den Jahren 2020 bis 2022 lagen diese bei -6,2 MW, -7,5 MW und -12,6 MW. Neben der Neuinbetriebnahme bzw. Außerbetriebnahme von ganzen Anlagen spielt beim Energieträger Biomasse der Aspekt der Leistungsänderung eine Rolle. Eine Biomasseanlage verfügt häufig über mehrere Generatoren bzw. Stromerzeugungseinheiten. Wenn einer dieser Generatoren gegen einen leistungsstärkeren getauscht wird, handelt es sich um eine Leistungsänderung. Die Gesamtleistung der Anlage wird dadurch erhöht. Es ist aber auch möglich, dass eine Stromerzeugungseinheit gänzlich stillgelegt wird und die Anlage z. B. nur noch mit zwei anstatt mit drei Generatoren weiterbetrieben wird. Hierbei handelt es sich auch um eine Leistungsänderung, da die bestehende Anlage nun über eine geringere Gesamtleistung verfügt. In den Jahren 2019 und 2020 konnte eine Erhöhung durch Leistungsänderung von 10,0 MW bzw. 9,6 MW realisiert werden. Im Jahr 2021 fällt dieser Wert auf 2,9 MW ab. In den Jahren 2022 und 2023 ist nur noch eine Leistungserhöhung von 0,5 MW bzw. 0,2 MW zu beobachten. Für das erste Halbjahr 2024 sind Stilllegungen in Höhe von 0,2 MW zu verzeichnen. Inbetriebnahmen und Leistungsänderungen gab es keine.

Der Energieträger Wasserkraft spielt beim Zubau von erneuerbaren Energieanlagen eine geringe Rolle. Zwischen

den Jahren 2019 und 2022 wurde nur wenig Leistung zugebaut. Der Nettozubau lag jeweils niedriger als 0,5 MW. Im Jahr 2023 und im ersten Halbjahr 2024 gab es keine Veränderung im Anlagenbestand.

Förderung von großen Photovoltaikanlagen

Photovoltaikanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von mehr als 1.000 kW müssen sich an einem Ausschreibungsverfahren beteiligen, um von der EEG-Förderung profitieren zu können. Für Photovoltaik-Freiflächenanlagen besteht die Pflicht zur Teilnahme am Ausschreibungsverfahren bereits seit dem Jahr 2015. Seit dem Jahr 2021 existiert für entsprechende Photovoltaikanlagen auf Gebäuden oder Lärmschutzwänden ebenfalls ein Ausschreibungsverfahren. Bis zum Jahr 2020 bestand für Photovoltaikanlagen neben der Teilnahme am technologiebezogenen Ausschreibungsverfahren auch die Möglichkeit zur Teilnahme an einer gemeinsamen Ausschreibung für Windenergieanlagen an Land und Solaranlagen.

Das Prinzip der Ausschreibung funktioniert wie folgt: Ein bestimmtes Ausbaувolumen 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 Ausbaувolumen erreicht ist.

Seit dem Start der Ausschreibungen im Jahr 2015 bis Juni 2024 wurden insgesamt 49 Ausschreibungsrunden durchgeführt. In diesem Zeitraum haben sich 213 Photovoltaikprojekte aus Hessen mit einer Gesamtleistung von 899 MW an den Ausschreibungen beteiligt (siehe Tabelle 8). Von diesen Projekten erhielten 105 mit einer Gesamtleistung von 463 MW einen Zuschlag, was ungefähr der Hälfte der eingereichten Projekte entspricht. Projekte, die keinen Zuschlag erhalten haben, können erneut am Ausschreibungsverfahren teilnehmen.

Von den 213 Projekten, die sich an den Ausschreibungsverfahren beteiligt haben, handelt es sich bei 64 Projekten mit einer Leistung von 330 MW um Photovoltaikanlagen auf benachteiligten Gebieten. Davon wurden 23 Projekte mit einer Leistung von 121 MW bezuschlagt.¹⁴

Tabelle 8: Gebote und Zuschläge von hessischen Photovoltaikanlagen im Rahmen von Ausschreibungen von Solaranlagen 2015-2024

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	22	87,7	21	87,0
2023	46	268,1	27	198,5
2024*	18	47,9	13	31,7
Summe	213	898,8	105	463,4

* beinhaltet Ausschreibungsrunden bis Juni 2024

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: BNetzA 2024k, 2024l, 2024m.

Genehmigungen von Windenergieanlagen

Zur Errichtung einer Windenergieanlage wird eine Genehmigung nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) benötigt. Für die Genehmigungen nach BImSchG sind die Regierungspräsidien in Hessen zuständig. Sobald eine Anlage genehmigt oder ein Genehmigungsverfahren eröffnet wurde, werden diese Informationen im Länderinformationssystem für Anlagen (LIS-A 2024) 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.

Im hessischen Anlagenregister LIS-A (Stichtag 15. Juli 2024) liegen insgesamt für 134 Windenergieanlagen Genehmigungsbescheide mit einer geplanten elektrischen Leistung von 752 MW vor, bei denen keine Klagen anhängig sind. Die Zahl der geplanten Windenergieanlagen, die das Genehmigungsverfahren durchlaufen, liegt bei 393 Anlagen mit einer geplanten Leistung von 2.348 MW. Darüber hinaus gibt es noch

¹⁴ 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 ertrageich 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>.

135 beklagte Windenergieanlagen. Bei 51 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 162 MW wird der bestehende Ablehnungsbescheid beklagt und bei 84 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 425 MW der bestehende Genehmigungsbescheid (LIS-A 2024).

In Tabelle 9 ist die Zahl der Genehmigungen von Windenergieanlagen für die Jahre 2021 bis zum ersten Halbjahr 2024 dargestellt. Im Jahr 2021 wurden 45 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 196 MW genehmigt. Im Jahr 2022 waren es 50 genehmigte Anlagen mit einer Leistung von 275 MW. Ein Anstieg bei den Genehmigungen ist im Jahr 2023 festzustellen. Hier wurden 79 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 435 MW genehmigt. Auch im ersten Halbjahr 2024 zeigt sich mit 57 Anlagen bzw. 342 MW eine hohe Zahl an Genehmigungen.

Tabelle 9 stellt ebenfalls dar, wie viele der jeweils genehmigten Anlagen zum Stichtag 15. Juli 2024 beklagt waren und wie viele Anlagen in der Zwischenzeit in Betrieb genommen wurden. Mit Blick auf das Jahr 2023 zeigt sich, dass 20 der 79 Anlagen beklagt sind. Von den im ersten Halbjahr 2024 genehmigten 57 Windenergieanlagen sind 14 beklagt.

Tabelle 9: Jährliche Genehmigungen von Windenergieanlagen in Hessen 2021 bis zum 1. Halbjahr 2024

	2021	2022	2023	1. HJ 2024
Genehmigte Anlagen	45	50	79	57
Genehmigte Leistung (in MW)	196,2	275,4	435,3	342,1
darunter:				
beklagte Anlagen*	6	18	20	14
beklagte Leistung*	28,8	100,8	109,1	81,0
Anlagen in Betrieb*	32	11	0	0
Leistung in Betrieb*	128,5	64,2	0,0	0,0

* zum Stichtag 15. Juli 2024

Quelle: LIS-A 2024.

Bei den im Jahr 2023 genehmigten Anlagen dauerte es im Durchschnitt 13,2 Monate zwischen vollständigem Vorliegen der Antragsunterlagen und Genehmigungserteilung. Dies waren gut eineinhalb Monate weniger als im Vorjahr. Im Jahr 2022 dauerte es ab Vollständigkeit der Unterlagen noch 14,8 Monate. Die durchschnittliche Dauer zwischen Ersteinreichung der Antragsunterlagen und Genehmigung lag bei den im Jahr 2023 genehmigten Anlagen bei 38,5 Monaten. Der Vorjahreswert lag bei 28,3 Monaten (HMLU 2024). Der Anstieg gegenüber dem Vorjahr ist darauf zurückzuführen, dass aufgrund Unvollständigkeit vermehrt Antragsunterlagen seitens

der Genehmigungsbehörden nachgefordert werden mussten.

Damit eine Windenergieanlage realisiert werden kann, ist neben dem erfolgreichen Durchlaufen des behördlichen Genehmigungsverfahrens seit dem Jahr 2017 auch die erfolgreiche Teilnahme an einem Ausschreibungsverfahren der Bundesnetzagentur Voraussetzung. Mit dem EEG 2023 gibt es jedoch eine bedeutsame Änderung. So sind nach § 22 Abs. 2 Nr. 3 EEG 2023 Bürgerenergiegesellschaften nun von der Pflicht an der Teilnahme am Ausschreibungsverfahren ausgenommen. Dies gilt zumindest für Onshore-Windenergieprojekte von Bürgerenergiegesellschaften bis zu einer Leistung von 18 MW. Für alle anderen Akteure besteht weiterhin die Erfordernis der Teilnahme am Ausschreibungsverfahren.

Seit dem Start der Ausschreibungsverfahren im Jahr 2017 bis zum Ende des ersten Halbjahres 2024 haben insgesamt 33 Runden stattgefunden. In dieser Zeit nahmen 129 Projekte aus Hessen mit einem Gebotsumfang von 1.727,2 MW teil (siehe Tabelle 10). Von diesen erhielten 95 Projekte aus Hessen einen Zuschlag mit einer Gesamtleistung von 1.233,9 MW. Deutschlandweit wurden für das Ausschreibungsverfahren für Windenergie an Land Gebote in Höhe von 33.392 MW eingereicht, wovon 26.754 MW bezuschlagt wurden.

Tabelle 10: Gebote und Zuschläge von hessischen Windenergieprojekten im Rahmen der Ausschreibungen von Windenergie an Land 2017-2024

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	13	223,3	13	144,0
2023	9	175,7	9	172,7
2024*	13	249,9	13	249,9
Summe	129	1.727,2	95	1.233,9

* beinhaltet Ausscheidungsrunden bis Mai 2024

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: BNetzA 2024p.

Von den 86 hessischen Projekten, die seit 2018 ein Gebot abgegeben 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 nach damaliger Gesetzeslage auch ohne Durchlaufen des Genehmigungsverfahrens am Ausschreibungsverfahren teilnehmen durften. Durch diese Regelung haben sich sehr viele Projekte an der Ausschreibung beteiligt, darunter auch solche mit sehr geringen Realisierungschancen. Im Jahr 2018 wurde diese Regelung wieder zurückgenommen, sodass im Folgezeitraum auch Bürgerenergiegesellschaften eine BImSchG-Genehmigung bei Gebotsabgabe nachweisen mussten. Ab dem Jahr 2023 müssen Bürgerenergiegesellschaften bis zu einer Leistungsgrenze von 18 MW nicht mehr am Ausschreibungsverfahren teilnehmen. Es ist diesbezüglich zu beachten, dass die Definition einer Bürgerenergiegesellschaft mit dem EEG 2023 geändert wurde.

Windvorranggebiete

Das Land Hessen hat sich bereits im Jahr 2011 und damit sehr früh das energiepolitische Ziel gesetzt, Flächen in der Größenordnung von 2 Prozent der Landesfläche für die Nutzung der Windenergie in den Regionalplänen festzulegen (Hessischer Energiegipfel 2011). In allen drei Planungsregionen, d. h. in Nordosthessen, in Mittelhessen und in Südhessen wurden „Vorranggebiete zur Nutzung der Windenergie“ (Windvorranggebiete) mittlerweile beschlossen. In der Region Nordosthessen gibt es 169 Windvorranggebiete mit einer Gesamtfläche von rund 16.700 Hektar. Das entspricht einem Anteil von 2,0 Prozent an der Regionsfläche (RP Kassel 2017/2020). In der Region Mittelhessen wurden 127 Flächen mit ca. 12.100 Hektar als Windvorranggebiet festgelegt. Der Anteil an der Regionsfläche liegt bei 2,2 Prozent (RP Gießen 2016/2020). In der Region Südhessen sind 122 Windvorranggebiete mit 11.175 Hektar festgelegt. Hier beläuft sich der Anteil der als Windvorranggebiet festgelegten Regionsfläche auf 1,5 Prozent (RP Darmstadt 2019/2021).

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.

Auf Bundesebene wurden mit dem Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG 2022) mit Wirkung zum 1. Februar 2023 Flächenvorgaben für die Windenergienutzung für alle Bundesländer festgelegt. Demnach muss Hessen bis zum Ende des Jahres 2027 1,8 Prozent der Landesfläche für Windenergienutzung ausweisen. Hessen hat dieses Ziel bereits jetzt erfüllt. Bis zum Ende des Jahres 2032 müssen in Hessen nach Bundesvorgabe 2,2 Prozent

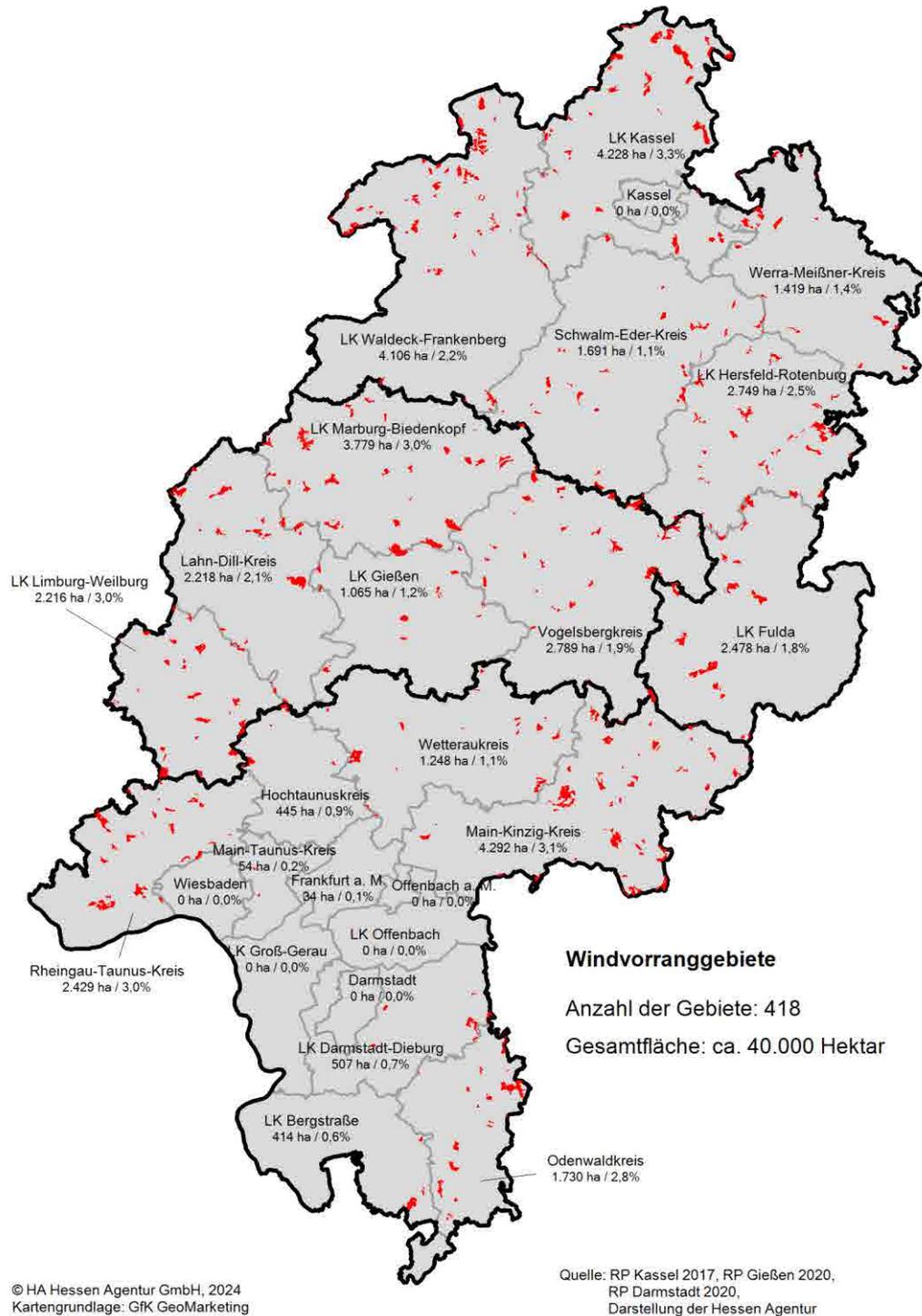
der Landesfläche für Windenergienutzung zur Verfügung stehen. Das entspricht ca. 46.500 Hektar. In Hessen müssen daher in den kommenden Jahren mindestens weitere 6.500 Hektar als Windvorranggebiete ausgewiesen werden.

Anfang 2024 wurde das Erreichen des ersten Flächenbeitragswertes nach dem WindBG in Hessen festgestellt und veröffentlicht. Damit endet gemäß § 245e Abs. 1 Satz 2 BauGB die Ausschlusswirkung der Planung im Sinne des § 35 Abs. 3 Satz 3 BauGB. Gemeinden und Planungsverbände nach § 205 BauGB können nun im Wege der Bauleitplanung zusätzliche Flächen für die Windenergienutzung ausweisen. Der Genehmigungsprozess muss anschließend wie gehabt durchlaufen werden. Zudem ist nun ebenfalls ein Repowering von Windenergieanlagen mit Standort außerhalb von Windvorranggebieten möglich. Hierbei wird eine Delta-Prüfung vorgenommen. Das bedeutet, dass nur nachteilige Auswirkungen geprüft werden, die das Repowering-Vorhaben über die Auswirkungen der bestehenden Anlage hinaus auslösen kann. Der Genehmigungsprozess wird dadurch abgekürzt.

Abbildung 36 gibt eine Übersicht über die Verteilung der aktuell planerisch festgelegten Windvorranggebiete in Hessen. Pro Landkreis bzw. pro kreisfreie Stadt ist die Fläche der Windvorranggebiete in Hektar ausgewiesen. Darüber hinaus ist auch der Anteil der Windvorranggebiete an der Gesamtfläche des Landkreises bzw. der kreisfreien Stadt dargestellt. Anteilig ist die größte Fläche im Landkreis Kassel mit 3,3 Prozent vorgesehen, gefolgt vom Main-Kinzig-Kreis mit einem Anteil von 3,1 Prozent. Jeweils auf einen Anteil von 3,0 Prozent kommen die Landkreise Marburg-Biedenkopf, Limburg-Weilburg und Rheingau-Taunus. Informationen zu der Flächenbelegung der Windvorranggebiete in Hessen und auch zum Fortschritt bei den Genehmigungen von Windenergieanlagen sind im hessischen Länderbericht im Rahmen des Monitorings gemäß § 98 EEG 2021 veröffentlicht (HMWEVW, HMUKLV 2023).

Von den 418 Windvorranggebieten waren zum Ende des Jahres 2023 noch 269 bzw. 64 Prozent gänzlich unbelegt, d. h. es war noch keine Anlage innerhalb dieser Flächen in Betrieb. Die Flächen dieser gänzlich unbelegten Windvorranggebiete summieren sich auf 21.778 Hektar, was einem Anteilswert von 55 Prozent entspricht (LIS-A 2024). Darüber hinaus gibt es aber noch zahlreiche Windvorranggebiete, die zum Teil nur gering belegt sind und noch Platz für neue Windenergieanlagen bieten. Betrachtet man zusätzlich die Anlagen, die den Genehmigungsprozess bereits erfolgreich durchlaufen haben, dann zeigt sich, dass 232 Windvorranggebiete noch gänzlich unbelegt (weder aktive noch genehmigte Anlagen) sind. Das entspricht bezogen auf die Anzahl der Gebiete einem Anteil von 56 Prozent und bezogen auf die Fläche einem Anteil von 46 Prozent (LIS-A 2024).

Abbildung 36: Windvorranggebiete in Hessen



Erzeugte und eingespeiste Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen nach dem EEG

Erneuerbare Energieanlagen in Hessen haben im Jahr 2023 insgesamt 9.496,3 GWh Strom in die Netze eingespeist (siehe Tabelle 11). Grundlage für diese Zahl ist eine Schätzung des IE-Leipzig auf Basis des Anlagenbestands der EEG-Anlagen zum Jahresende 2023.¹⁵ Die Schätzung wurde durchgeführt, da zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses noch keine Daten zur Stromproduktion im Jahr 2023 für Hessen vorlagen. Gegenüber dem Vorjahr (IE Leipzig 2023) ist die Stromeinspeisung angestiegen (+14,8 %). Dies liegt vor allem an den besseren Windverhältnissen im Jahr 2023. Die Sonneneinstrahlung war im langjährigen Vergleich zwar überdurchschnittlich, erreichte aber nicht den Rekordwert aus dem Jahr 2022. Mit Blick auf Deutschland ist die Stromerzeugung durch erneuerbare Energien von 255 TWh im Jahr 2022 auf 272 TWh im Jahr 2023 um 7,0 Prozent angestiegen (AGEE-Stat 2024).

Tabelle 11: Schätzung der eingespeisten Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen nach Energieträgern 2023 (in GWh)

Energieträger	Strommenge	Anteil
Biomasse*	1.076,2	11,3%
Photovoltaik	2.387,9	25,1%
Wasserkraft	149,5	1,6%
Windenergie	5.882,8	61,9%
Summe	9.496,3	100,0%

nachrichtlich:

Photovoltaik
Selbstverbrauch 335,5

* Biomasse inklusive Klär- und Deponiegas

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: IE-Leipzig 2024.

Bei Betrachtung der hessischen Stromeinspeisung nach Energieträgern wird deutlich, dass die Windenergie mit einer eingespeisten Strommenge von 5.883 GWh den größten Anteil ausmacht, was 62 Prozent der Gesamtstrommenge entspricht. Photovoltaik folgt an zweiter Stelle mit einer eingespeisten Strommenge von 2.388 GWh bzw. einem Anteil von 25 Prozent. Biomasse trägt mit einer eingespeisten Strommenge von 1.076 GWh

einen Anteil von 11 Prozent bei. Wasserkraft liefert 150 GWh Strom, was einem Anteil von etwa zwei Prozent an der Gesamtstromspeisung entspricht.

Wenn die energieträgerspezifischen Anteile der Stromeinspeisung mit den Anteilen der installierten elektrischen Leistung verglichen werden, zeigen sich deutliche Unterschiede. Bei der Photovoltaik liegt der Anteil der installierten elektrischen Leistung bei etwa 57 Prozent, während ihr Anteil an der Stromeinspeisung lediglich 25 Prozent beträgt. Gegensätzlich dazu verhält es sich bei der Windenergie: Hier machen 38 Prozent der installierten elektrischen Leistung 62 Prozent der eingespeisten Strommenge aus.

Pro installiertem Megawatt Leistung wird je nach Energieträger eine unterschiedlich hohe Strommenge erzeugt. Dies lässt sich normiert über die Jahresvolllaststunden darstellen, die berechnet werden, indem der Jahresstromertrag durch die installierte elektrische Leistung der Anlagen geteilt wird. Die Jahresvolllaststunden entsprechen der Anzahl der Stunden, die notwendig wären, um den Jahresstromertrag bei maximaler Leistung zu erzielen.

Im Jahr 2023 betragen die Jahresvolllaststunden beim Energieträger Windenergie in Hessen 2.336 Stunden. Photovoltaik kam – bezogen auf die Stromeinspeisung – auf 640 Volllaststunden. Der Energieträger Wasserkraft erzielte 2.324 Volllaststunden und die Biomasseanlagen weisen 3.745 Volllaststunden auf. Insbesondere bei den Energieträgern Windenergie und Photovoltaik, aber auch bei der Wasserkraft wird deutlich, dass es sich um fluktuierende Energieträger handelt, die nicht jederzeit zur Verfügung stehen. Bei den oben genannten Volllaststunden bei der Photovoltaik muss beachtet werden, dass hier nur die eingespeiste Strommenge berücksichtigt ist. Darüber hinaus spielt bei Photovoltaik der Selbstverbrauch eine immer größere Rolle.

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 (ÜNB 2023), 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

¹⁵ Hier werden ausschließlich EEG-Anlagen betrachtet. Dadurch kommt es zu Abweichungen zu der in Abbildung 24 in Kapitel 4.2 dargestellten, durch erneuerbare Energien erzeugten Strommenge. Diese Differenz ist darauf zurückzuführen, dass in Abbildung 24 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 11 hingegen sind diese Strommengen bis auf den nachrichtlich ausgewiesenen PV-Selbstverbrauch nicht enthalten.

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 erfasst. 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 (AGEE-Stat 2016).¹⁶ Auf Basis dieser Methode hat das IE-Leipzig die selbst verbrauchte Strommenge von Photovoltaikanlagen für das Jahr 2023 berechnet. Demnach kommt auf die eingespeiste PV-Strommenge von 2.387,9 GWh noch ein Selbstverbrauch in Höhe von 335,5 GWh hinzu (siehe Tabelle 11). In Summe liegt die Stromproduktion der Photovoltaikanlagen damit bei 2.723,3 GWh. Die Jahresvolllaststunden erhöhen sich auf 730 Stunden.

In Zukunft wird erwartet, dass der Anteil des Selbstverbrauchs bei Photovoltaikanlagen zunimmt. Ein Grund dafür ist der hohe Strompreis für Endverbraucher, der in vielen Fällen die Einspeisevergütung gemäß dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) übersteigen dürfte. Dies führt dazu, dass der direkte Selbstverbrauch des erzeugten Stroms häufig finanziell attraktiver ist als die Einspeisung. Insbesondere durch die Kombination der Photovoltaikanlage mit einem Stromspeicher kann ein hoher Anteil an Selbstverbrauch realisiert werden, da überschüssiger Strom gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt verbraucht werden kann, wenn keine Stromerzeugung durch Sonnenenergie möglich ist.

Im Jahr 2023 sind nach Angaben des Marktstammdatenregisters deutschlandweit insgesamt 571.071 Stromspeichereinheiten mit einer maximalen Entladeleistung von 3.936 MW und einer Speicherkapazität von 5.626 MWh in Betrieb gegangen. In Hessen waren es 34.828 neue Stromspeicher mit einer maximalen Entladeleistung von 235 MW und einer Speicherkapazität von 330 MWh. Der Blick auf die Vorjahreszahlen mit 213.898 neuen Stromspeichern in Gesamtdeutschland (1.297 MW, 2.068 MWh) und 13.017 neuen Stromspeichern in Hessen (77 MW, 119 MWh) zeigt, dass sich die Zubauzahlen im

Jahr 2023 gegenüber dem Jahr 2022 sowohl in Hessen als auch in Deutschland bezogen auf die Anlagenzahl und die Speicherkapazität mehr als verdoppelt und bezogen auf die maximale Entladeleistung verdreifacht haben (BNetzA 2024a). Diese Entwicklung zeigt, dass das Interesse an Stromspeichern als Ergänzung zu Photovoltaikanlagen steigt, um den selbst erzeugten Strom effizienter nutzen zu können.

Regionale Verteilung der erneuerbaren Energieanlagen

Während konventionelle Energieanlagen häufig in dicht besiedelten Gebieten verortet sind – also dort, wo der Strombedarf besonders hoch ist –, sind die erneuerbaren Energieanlagen in großer Zahl über ganz Hessen verteilt. Bei genauerem Blick lassen sich aber auch bei den erneuerbaren Energieanlagen regionale Schwerpunkte erkennen, die im Gegensatz zu den konventionellen Energieanlagen tendenziell nicht im städtischen, sondern eher im ländlichen Raum liegen. Dies liegt daran, dass ländliche Gebiete, insbesondere für die Windenergie, deutlich bessere Voraussetzungen bieten. Dazu zählen die Windverhältnisse, die vorhandenen Siedlungsstrukturen und die naturräumlichen Gegebenheiten.

Die Verteilung der installierten elektrischen Leistung nach Landkreisen und kreisfreien Städten wird in Abbildung 37 und Abbildung 38 dargestellt. Abbildung 37 bietet eine kartografische Darstellung der Informationen, während in Abbildung 38 die installierte elektrische Leistung größensortiert präsentiert wird, um einen besseren Vergleich zu ermöglichen.

Im Vergleich der Landkreise und kreisfreien Städte bei der installierten elektrischen Leistung liegt der Vogelsbergkreis weiterhin auf Rang 1. Auf dem Gebiet des Vogelsbergkreises waren zum Ende des Jahres 2023 erneuerbare Energieanlagen mit einer elektrischen Leistung von 716 MW installiert. Der Großteil davon entfällt mit 494 MW bzw. 69 Prozent auf Windenergieanlagen. Auf den folgenden Plätzen mit einigem Abstand liegen der Main-Kinzig-Kreis mit 587 MW, der Landkreis Waldeck-Frankenberg mit 501 MW und der Landkreis Kassel mit 490 MW. Der Landkreis Marburg-Biedenkopf verzeichnete eine installierte elektrische Leistung von 454 MW, während der Schwalm-Eder-Kreis sowie der Landkreis Hersfeld-Rotenburg eine Leistung von jeweils 394 MW, der Landkreis Fulda eine Leistung von 363 MW und der Lahn-Dill-Kreis eine Leistung von 328 MW erreichte.

¹⁶ 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.

Abbildung 37 zeigt deutlich, dass der Energieträger Windenergie überwiegend in ländlich geprägten Landkreisen vertreten ist und dort die installierte elektrische Leistung besonders hoch ist. Im Gegensatz dazu ist die installierte elektrische Leistung in den dicht besiedelten kreisfreien Städten wesentlich geringer. Hier dominieren hauptsächlich Photovoltaikanlagen oder Biomasseanlagen.

Analog zu Abbildung 37 und Abbildung 38 zeigen Abbildung 39 und Abbildung 40 die für das Jahr 2023 geschätzte eingespeiste Strommenge von erneuerbaren Energieanlagen nach Landkreisen und kreisfreien Städten in Hessen.

Auch bei der eingespeisten Strommenge durch erneuerbare Energieanlagen nimmt der Vogelsbergkreis die Spitzenposition ein. Im Jahr 2023 wurden hier insgesamt 1.332 GWh Strom erneuerbar produziert und eingespeist. Auf den folgenden Plätzen liegen der Main-Kinzig-Kreis mit einer Einspeisung von 889 GWh, der Landkreis Waldeck-Frankenberg mit einer Einspeisung von 786 GWh, der Landkreis Marburg-Biedenkopf mit 740 GWh und der Landkreis Kassel mit 709 GWh.

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

Abbildung 37: Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2023 in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach erneuerbaren Energieträgern (kartografische Darstellung in MW)

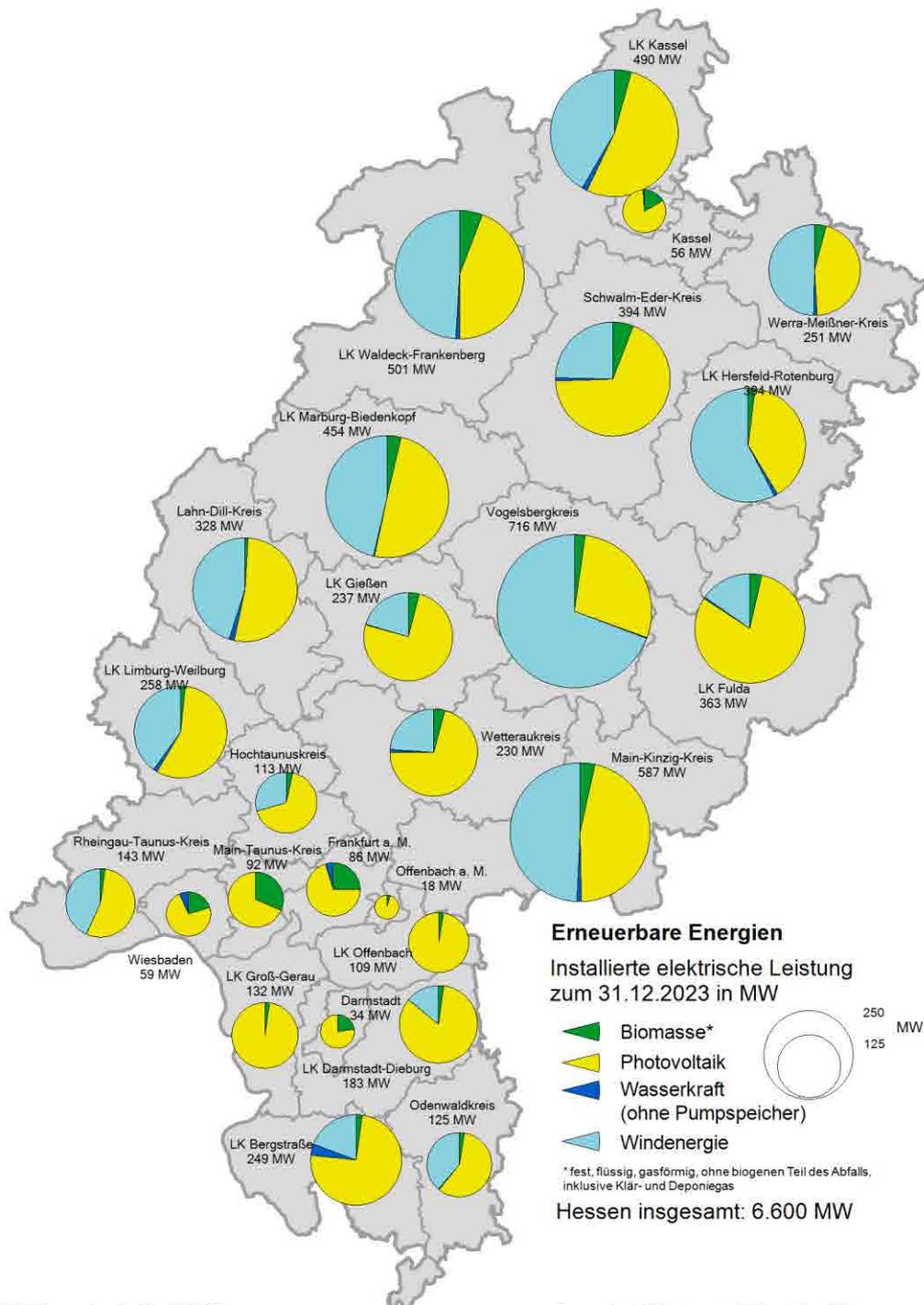
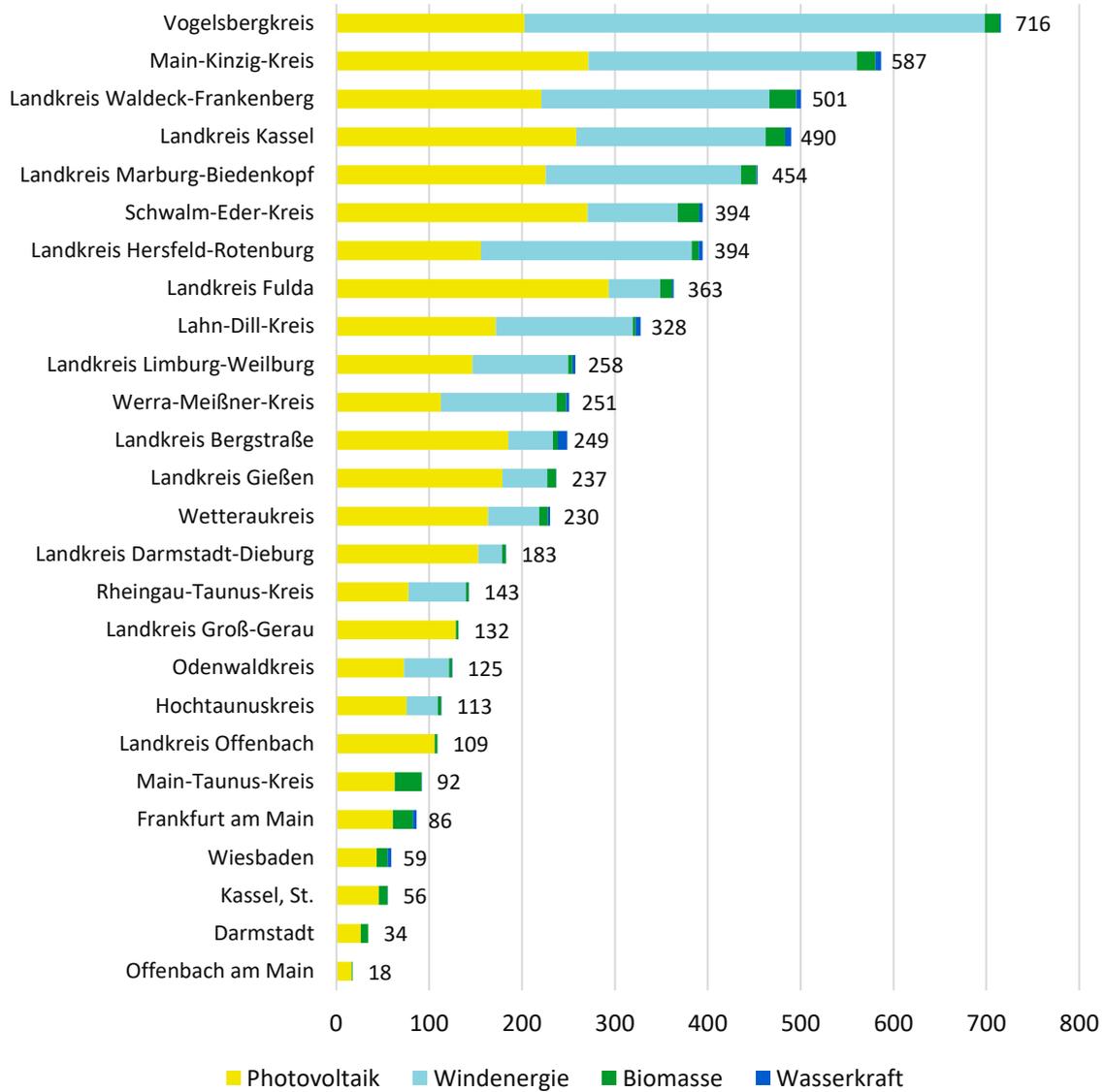


Abbildung 38: Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten am 31.12.2023 nach erneuerbaren Energieträgern
(Balkendiagramm in MW)



Quelle: ÜNB 2023, BNetzA 2024a, LIS-A 2024, Zusammenstellung und Berechnungen der Hessen Agentur.

Abbildung 39: Erzeugte und eingespeiste Strommenge von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach Energieträgern 2023
(kartografische Darstellung in GWh)

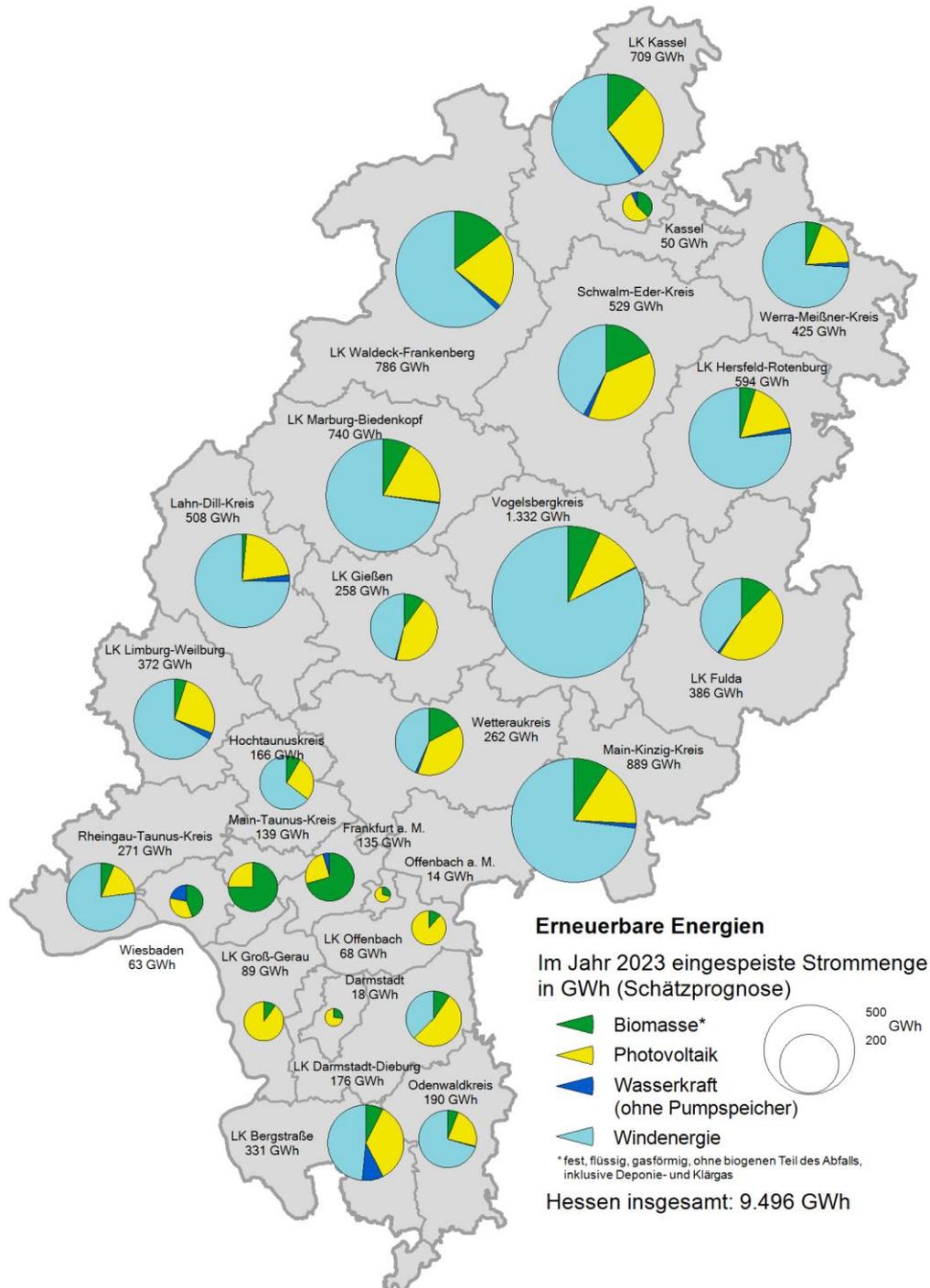
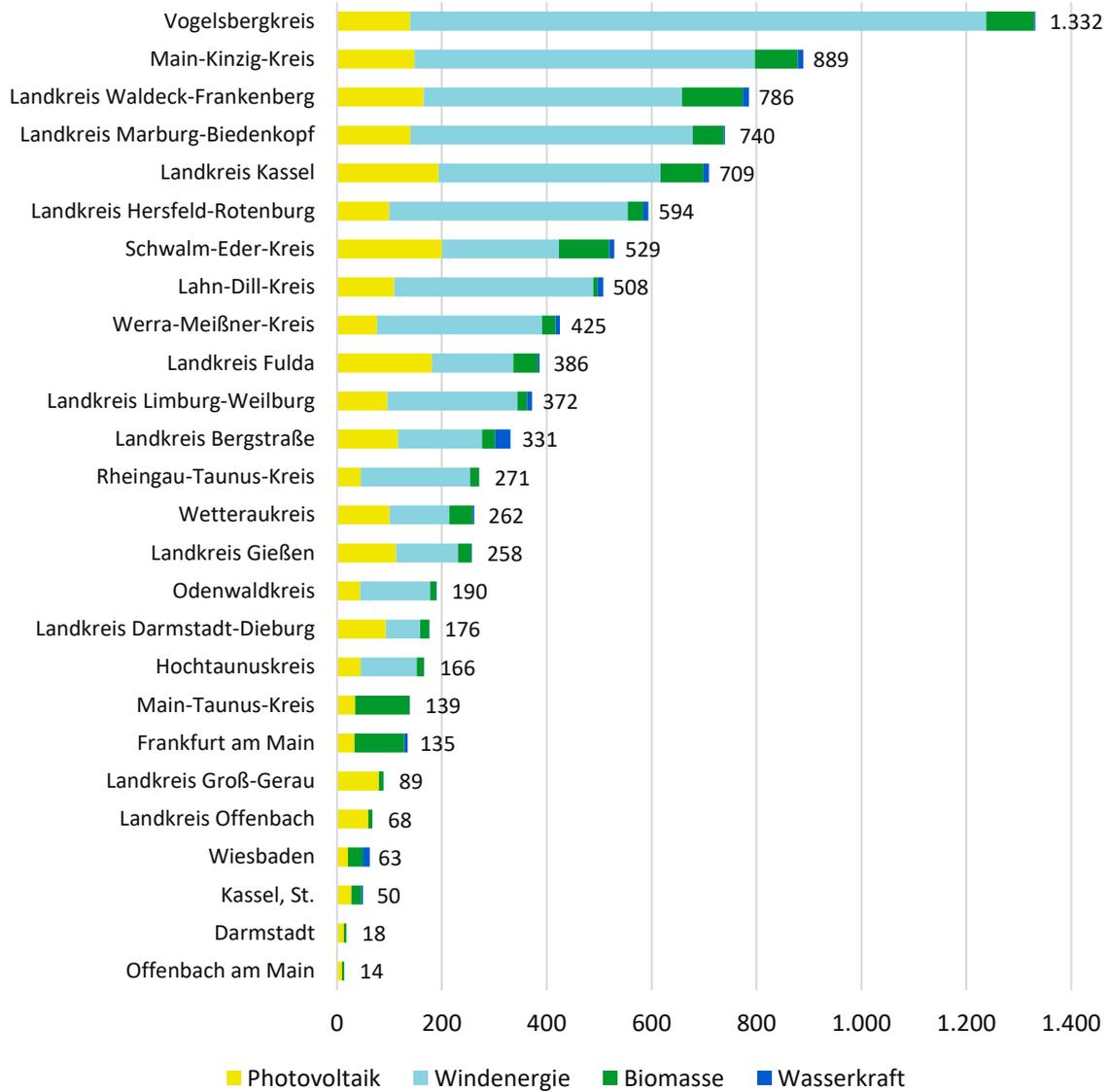


Abbildung 40: Erzeugte und eingespeiste Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten im Jahr 2023 nach erneuerbaren Energieträgern
(Balkendiagramm in GWh)



Quelle: IE-Leipzig 2024.

Eine Rangliste der fünf Landkreise mit dem höchsten Anstieg im Jahr 2023 bei der installierten elektrischen Leistung von erneuerbaren Energieanlagen ist in Tabelle 12 dargestellt. Der Landkreis Hersfeld-Rotenburg verzeichnet den höchsten Zuwachs. Gegenüber dem Vorjahr hat sich die installierte elektrische Leistung im Jahr 2023 um 100,4 MW erhöht. Dieser Anstieg ist hauptsächlich auf den Zubau von Windenergieanlagen zurückzuführen. Mit dem Windpark Gaishecke wurden zehn neue Anlagen mit einer Leistung von 34,5 MW in Betrieb genommen. Darüber hinaus sind fünf Anlagen im Windpark Hohenrode-Mansbach mit einer Leistung von 28,5 MW in Betrieb gegangen. Hinzu kommen zwei Anlagen mit insgesamt 9 MW im Windpark Heringen-Philippsthal.

Weitere Landkreise mit einem hohen Zubau von erneuerbaren Energieanlagen sind der Main-Kinzig-Kreis (+92,7 MW), der Vogelsbergkreis (+58,8 MW), der Landkreis Fulda (+57,9 MW) sowie der Landkreis Bergstraße (+39,6 MW).

Tabelle 12: Die fünf Landkreise mit dem größten Ausbau elektrischer Leistung von erneuerbaren Energieanlagen 2023

Rang	Landkreis	Netto-Zubau 2023 (in MW)
1	Landkreis Hersfeld-Rotenburg	100,4
2	Main-Kinzig-Kreis	92,7
3	Vogelsbergkreis	58,8
4	Landkreis Fulda	57,9
5	Landkreis Bergstraße	39,6

Quelle: BNetzA 2024a, LIS-A 2024, Auswertung der Hessen Agentur.

6.2 Konventionelle Energieanlagen zur Stromerzeugung

In Hessen wurden im Jahr 2023 insgesamt 7,1 TWh Strom durch konventionelle Energieanlagen erzeugt.¹⁷ Nachdem die Stromproduktion von konventionellen Energieanlagen in den Jahren 2016 bis 2020 deutlich gesunken ist, gab es in den beiden darauffolgenden Jahren wieder merkliche Anstiege um 11 Prozent (2021) und 12 Prozent (2022). Im Jahr 2023 hat sich die Stromerzeugung durch konventionelle Energieanlagen aber wieder deutlich um 2,1 TWh bzw. 23 Prozent reduziert.

Dadurch wird ein neuer Tiefstand erreicht (siehe auch Abbildung 14 in Kapitel 3.3). Der starke Rückgang bei der konventionellen Stromproduktion in Hessen ist auf die Verringerung des Einsatzes von Kohle zurückzuführen. Dieser wurde nahezu halbiert. Aber auch der Einsatz von Erdgas bei der Stromerzeugung ist um 10 Prozent zurückgegangen. Bemerkenswert ist, dass die geringere Stromproduktion durch hessische konventionelle Energieanlagen im Jahr 2023 keine vermehrten Strombezug aus anderen Bundesländern bzw. aus dem Ausland zur Folge hatte. Der Stromaustauschsaldo ist gegenüber dem Vorjahr nur geringfügig um 0,06 TWh bzw. 0,3 Prozent angestiegen und liegt weiterhin bei rund 50 Prozent (siehe auch Abbildung 11 in Kapitel 3.3). Vielmehr ist festzustellen, dass der Rückgang der konventionellen Stromproduktion durch erneuerbare Energieanlagen in Hessen substituiert wurde.

Die Versorgungssicherheit wird derzeit noch maßgeblich von konventionellen Energieanlagen gewährleistet. Dies gilt insbesondere für die Stabilisierung des Stromnetzes. Kurzfristige Stromnachfrageschwankungen können von konventionellen Energieanlagen durch schnelle Leistungsanpassungen ausgeglichen werden, da keine Abhängigkeiten von Witterungsbedingungen bestehen. Einige konventionelle Kraftwerke stehen sogar nur noch zu diesem Zweck zur Verfügung. So zum Beispiel das Gasturbinenkraftwerk in Darmstadt, das nicht mehr für den kontinuierlichen Vollbetrieb vorgesehen ist, sondern nur nach Bedarf ans Netz geht.

Die Bundesnetzagentur veröffentlicht in einer Kraftwerksliste Daten zu Großkraftwerken mit einer elektrischen Leistung von mindestens 10 MW. In Hessen sind insgesamt 101 Stromerzeugungseinheiten wie Generatoren und Turbinen an 33 Kraftwerksstandorten verzeichnet.

In Summe belaufen sich die Erzeugungskapazitäten der hessischen Großkraftwerke auf 4.002 MW. Tabelle 13 enthält eine Auflistung der einzelnen Kraftwerke, sortiert nach den jeweiligen Energieträgern. Beim Energieträger Erdgas werden nur die größten Anlagen mit einer elektrischen Leistung von über 50 MW aufgeführt.

¹⁷ 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 13: Anzahl und installierte elektrische Leistung konventioneller Energieanlagen ≥ 10 MW in Hessen nach Energieträgern 2023

Energieträger*	Anzahl der Anlagen	Anzahl SEE*	Installierte Leistung (in MW)
Erdgas	20	71	2.376
Kraftwerk Staudinger, Block 4		1	580
Kraftwerk Industriepark Höchst		11	432
Gaskraftwerk Biblis		11	378
HKW West Frankfurt (Block 4)		2	150
KW Hattorf Philippsthal (K+S)		7	120
GuD-Heizkraftwerk Rüsselsheim		1	113
KW Wintershall Heringen (K+S)		4	110
GTKW Darmstadt		2	93
Kraftwerk Infraser, Wiesbaden		6	78
Kraftwerk Volkswagen, Baunatal		2	74
HKW Niederrad Frankfurt		1	70
Kombi-HKW Kassel		3	56
...			
Steinkohle	3	4	699
Kraftwerk Staudinger, Block 5		1	522
HKW West Block 2 u. 3, Frankfurt		2	123
HKW Offenbach		1	54
Pumpspeicher / Wasser	2	7	645
Waldeck 1 u. 2 / Bringhausen		5	625
Hemfurth		2	20
Abfall	6	10	224
EBS-Verbrennungsanlage F-Höchst		1	71
MHKW Frankfurt		2	73
KHW Witzenhausen		1	28
MHKW Kassel		2	23
MHKW Offenbach		2	19
MHKW Darmstadt		2	11
Braunkohle	1	1	34
Fernwärmekraftwerk Kassel		1	34
Mineralölprodukte	1	8	25
Kraftwerk Fulda		8	25
Summe	33	101	4.002

* SEE: Stromerzeugungseinheiten

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: BNetzA 2024b (Stand: 15.04.2024), Auswertung der Hessen Agentur.

In Hessen gibt es 20 Großkraftwerke, die mit Erdgas betrieben werden. Die summierte elektrische Leistung dieser Kraftwerke beträgt 2.376 MW. Das größte Kraftwerk in dieser Kategorie ist Block 4 des Kraftwerks Staudinger in Großkrotzenburg mit einer installierten elektrischen Leistung von 580 MW. Mit etwas Abstand folgt das Kraftwerk im Industriepark Frankfurt-Höchst mit 432 MW. Zu beachten ist, dass dieses Kraftwerk im Jahr 2023 deutlich erweitert wurde. Zwei neue Gasturbinen sind in Betrieb gegangen. An dritter Stelle steht das im Jahr 2023 neu hinzugekommene Gaskraftwerk in Biblis¹⁸ mit 378 MW. Weitere Großkraftwerke in Hessen mit einer elektrischen Leistung von über 100 MW sind Block 4 des Heizkraftwerks West in Frankfurt mit 150 MW, das Kraftwerk Hattorf in Philippsthal (120 MW), das GuD Heizkraftwerk Rüsselsheim (113 MW) und das Kraftwerk Wintershall in Heringen (110 MW). Das Gasturbinenkraftwerk in Darmstadt verfügt über eine installierte elektrische Leistung von knapp unter 100 MW (93 MW). In einem Bereich zwischen 70 und 80 MW elektrischer Leistung befinden sich das Kraftwerk Infraser in Wiesbaden (78 MW), das Kraftwerk Volkswagen in Baunatal (74 MW) und das Heizkraftwerk Niederrad in Frankfurt (70 MW). Das Kombi-Heizkraftwerk in Kassel hat eine installierte elektrische Leistung von 56 MW.

Neben Erdgas wird in Hessen auch noch mit Steinkohle Strom erzeugt. Das größte Steinkohlekraftwerk ist das Kraftwerk Staudinger, das in Block 5 eine elektrische Leistung von 522 MW zur Stromproduktion vorhält. Darüber hinaus gibt es noch zwei weitere steinkohlebetriebene Heizkraftwerke in Frankfurt und Offenbach mit einer elektrischen Leistung von 123 bzw. 54 MW. In Summe kommen die drei Steinkohlekraftwerke auf eine elektrische Leistung von 699 MW. Auch mit Braunkohle wird in Hessen noch Strom produziert. Dieser Energieträger kommt im Fernwärmekraftwerk in Kassel zum Einsatz, das eine elektrische Leistung von 34 MW hat.

Zu den weiteren Energieträgern bei konventionellen Großkraftwerken gehören Pumpspeicher bzw. Wasserkraft, Abfall und Mineralölprodukte. Das Pumpspeicherkraftwerk am Edersee verfügt über eine installierte elektrische Leistung von insgesamt 625 MW. Hinzu kommt das am Edersee gelegene Wasserkraftwerk Hemfurth mit 20 MW elektrischer Leistung. In Bezug auf den Energieträger Abfall gibt es sechs Müllheizkraftwerke in Frankfurt, Witzenhausen, Kassel, Offenbach und Darmstadt, die aufsummiert eine elektrische Leistung von 224 MW erzielen. Die einzelnen Kraftwerke haben Leistungen im Bereich von 10 bis 75 MW. Zudem verwendet das Kraftwerk Fulda Mineralölprodukte zur Stromerzeugung und hat eine elektrische Leistung von 25 MW.

18 Bei dem Gasturbinenkraftwerk in Biblis handelt es sich um ein besonderes netztechnisches Betriebsmittel. Es ist nicht für die reguläre Stromproduktion vorgesehen, sondern darf ausschließlich auf Anweisung des Übertragungsnetzbetreibers Amprion zur Netzstabilisierung (kurativer Redispatch) eingesetzt werden. Im Gegensatz zu den anderen aufgeführten Erzeugungsanlagen dient das Gasturbinenkraftwerk Biblis weder der öffentlichen noch der industriellen Stromversorgung.

Die meisten Großkraftwerke sind in der Nähe großer Städte zu finden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Großstädte aufgrund ihrer hohen Bevölkerungszahl und der dort ansässigen Industrie, wie beispielsweise die Opel Automotive GmbH, Infraseriv GmbH & Co. Höchst KG und Volkswagen AG, einen höheren Energiebedarf haben als ländliche Gebiete. Es gibt jedoch auch Industriestandorte in ländlichen Gegenden, die über Großkraftwerke verfügen, wie das Unternehmen K+S in Heringen und Philippsthal, die Papierfabrik DS Smith Paper Deutschland in Witzenhausen und die Reifenfabrik Pirelli in Breuberg.

Neben der Kraftwerksliste veröffentlicht die BNetzA eine Übersicht zum erwarteten Zubau und zum erwarteten Rückbau von Kraftwerkskapazitäten (BNetzA 2024c). In Hessen ist geplant, zwischen 2024 und 2026 eine zusätzlich auf konventionellen Energieträgern beruhende Kraftwerkskapazität von 140 MW aufzubauen. Konkret handelt es sich um eine Erweiterung des Fernwärmekraftwerks in Kassel um 20 MW mit einer zweiten Dampfturbine. Als geplanter Energieträger ist in der Liste der BNetzA „Sonstige Energieträger (nicht erneuerbar)“ angegeben. Darüber hinaus soll das Heizkraftwerk West in Frankfurt am Main um 120 MW erweitert werden. Hier soll Erdgas mit der Perspektive der zukünftigen Umstellung auf grünen Wasserstoff zum Einsatz kommen.

In vorangegangenen Übersichten zum erwarteten Rückbau von Kraftwerkskapazitäten war bislang immer der mit Steinkohle betriebene Block 5 des Kraftwerks Staudinger von der BNetzA genannt. Der Kraftwerksblock sollte eigentlich aufgrund der Ergebnisse der vierten Ausschreibungsrunde im Dezember 2021 gemäß dem Kohleverstromungsbeendigungsgesetz im Mai 2023 stillgelegt werden. Auf der Grundlage des Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetzes konnte Staudinger 5 bis zum 31. März 2024 am Strommarkt verbleiben. Da die BNetzA den Kraftwerksblock als systemrelevant eingestuft hat, befindet sich der Kohleblock seit dem 1. April 2024 in der Netzreserve. Seitdem unterliegt Staudinger 5 einem Stromvermarktungsverbot. In der aktuellen Übersicht der BNetzA zum Rückbau ist der Eintrag deshalb nicht mehr zu finden. Generell wird laut dieser Übersicht in Hessen kein Rückbau vorhandener konventioneller Kraftwerkskapazitäten erwartet (BNetzA 2024c).

6.3 Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung

Das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bezeichnet die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Nutzwärme bei der Energiegewinnung. Dies führt zu einer erheblichen Steigerung der Effizienz des eingesetzten Energieträgers, da die bei der Stromerzeugung entstehende Wärme nicht ungenutzt bleibt. Obwohl häufig konventionelle Energieträger in KWK-Anlagen

verwendet werden, können durch die effiziente Nutzung des Brennstoffs Energieeinsparungen und eine Reduktion der CO₂-Emissionen erzielt werden. Optimalerweise kommen in KWK-Anlagen erneuerbare Energieträger – wie z. B. Biogas – zum Einsatz. In diesem Fall werden die CO₂-Emissionen noch weitgehender reduziert. Vor dem Hintergrund der Energieeffizienz stellen KWK-Anlagen daher einen wichtigen Bestandteil der Energiewende dar.

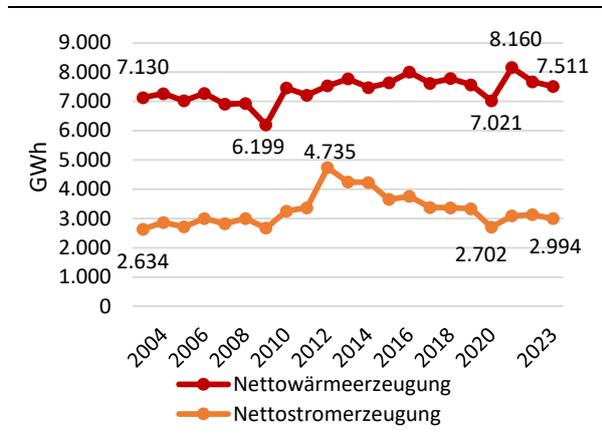
Viele große Kraftwerke sind KWK-Anlagen, die das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung nutzen. Sie sind an ein Wärmenetz angeschlossen und versorgen private Haushalte mit Raumwärme oder die Industrie mit Prozesswärme, die bei der Stromerzeugung anfällt. Die größeren KWK-Kraftwerke im öffentlichen Versorgungsnetz mit einer installierten elektrischen Leistung von über 1 MW erzeugten im Jahr 2023 insgesamt 2.994 GWh Strom und 7.511 GWh Wärme (siehe Abbildung 41).

Für die hessischen KWK-Kraftwerke liegen Daten zur Nettostromerzeugung und zur Nettowärmeerzeugung vor. Es handelt sich dabei um die konkrete Strommenge bzw. Wärmemenge, die durch die Kraftwerke in die Strom- bzw. Wärmenetze eingespeist wird.

Die Nettostromerzeugung durch KWK-Anlagen ist von 2003 bis 2012 angestiegen, erreichte im Jahr 2012 mit 4.735 GWh ihren Höchststand und ging bis 2020 zurück. Nach einem deutlichen Rückgang im Jahr 2020 (-19 %) verzeichnete sie 2021 erstmals seit 2012 wieder einen Anstieg (+14 %). Auch 2022 stieg die Nettostromerzeugung an, allerdings in geringerem Maße (+1 %). Im Jahr 2023 war wieder ein leichter Rückgang auf 2.994 GWh zu verzeichnen (-4 %).

Die Nettowärmeerzeugung durch KWK-Anlagen blieb von 2003 bis 2020 mit Ausnahme des Jahres 2009 relativ konstant im Bereich von 7.000 bis 8.000 GWh. Im Jahr 2021 erreichte sie mit 8.160 GWh ihren Höchststand im Betrachtungszeitraum. Im Jahr 2022 sank die Nettowärmeerzeugung auf 7.674 GWh und im Jahr 2023 auf 7.511 GWh.

Abbildung 41: Entwicklung der Nettostrom- und Nettowärmeerzeugung durch KWK-Anlagen 2003-2023 (in GWh*)



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

Quelle: HSL 2024a.

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, 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 sehr 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 14 zeigt den Bestand an KWK-Anlagen in Hessen zum 31. Dezember 2023. Die dargestellten Informationen basieren auf den Eintragungen im Marktstammdatenregister der BNetzA.

Die Zahl der im Marktstammdatenregister erfassten KWK-Anlagen belief sich zum Jahresende 2023 auf 5.849 Anlagen. Die elektrische Leistung dieser Anlagen summiert sich auf 1.889,6 MW und die thermische Leistung auf 4.245,4 MW. Die meisten Anlagen haben eine elektrische Leistung von weniger als 10 kW. Auf diese Leistungskategorie entfällt ein Anteil von 61 Prozent. Auf diese 61 Prozent der Anlagen entfällt mit 14,4 MW jedoch nur 0,8 Prozent der durch KWK-Anlagen

vorgehaltenen elektrischen Leistung. Der Anteil bezogen auf die thermische Leistung liegt etwas höher, bei 2,1 Prozent. Hingegen entfallen auf die 28 KWK-Anlagen in der höchsten Leistungskategorie (≥ 10 MW) 72 Prozent der elektrischen und 70 Prozent der thermischen Leistung.

Tabelle 14: Anzahl sowie elektrische und thermische Leistung der KWK-Anlagen in Hessen zum 31.12.2023 nach Leistungskategorie und Energieträgern

	Anzahl der Anlagen	elektrische Leistung (in MW)	thermische Leistung (in MW)
nach Leistungskategorie (in kW_{el}/MW_{th})			
< 10 kW	3.568	14,4	88,2
$\geq 10 < 100$ kW	1.525	49,9	91,5
$\geq 100 < 1000$ kW	625	208,5	333,2
≥ 1 MW < 10 MW	103	261,3	760,8
≥ 10 MW	28	1.355,4	2.971,8
nach Energieträgern			
Erdgas	4.891	1.108,5	2.475,2
Biomasse	411	229,9	371,0
Mineralölprodukte	238	3,3	4,2
Steinkohle / Braunkohle	7	383,2	730,4
nicht biogener Abfall	8	129,3	525,7
Sonstige*	294	35,3	139,0
Insgesamt	5.849	1.889,6	4.245,4

*Sonstige: Andere Gase, Wärme, Klärschlamm, Grubengas, Druck aus Gasleitungen

Quelle: BNetzA 2024a.

Beim Blick auf die eingesetzten Energieträger fällt auf, dass mit einem Anteil von 84 Prozent die meisten KWK-Anlagen mit Erdgas betrieben werden. Bezogen auf die elektrische Leistung entspricht dies einem Anteil von 59 Prozent und auf die thermische Leistung einem Anteil von 58 Prozent. Biomasse nutzen 7 Prozent der KWK-Anlagen, auf die 12 Prozent der elektrischen und 9 Prozent der thermischen Leistung entfallen. Darüber hinaus werden in Hessen auch KWK-Anlagen mit Mineralölprodukten, Steinkohle / Braunkohle, nicht biogenem Abfall und sonstigen Energieträgern betrieben. Insbesondere die sieben mit Kohle betriebenen KWK-Anlagen spielen eine größere Rolle. Auf Kohle entfallen 20 Prozent der elektrischen und 17 Prozent der thermischen Leistung. Mit Blick auf Deutschland haben KWK-Anlagen, die mit Biomasse betrieben werden, eine größere Bedeutung.

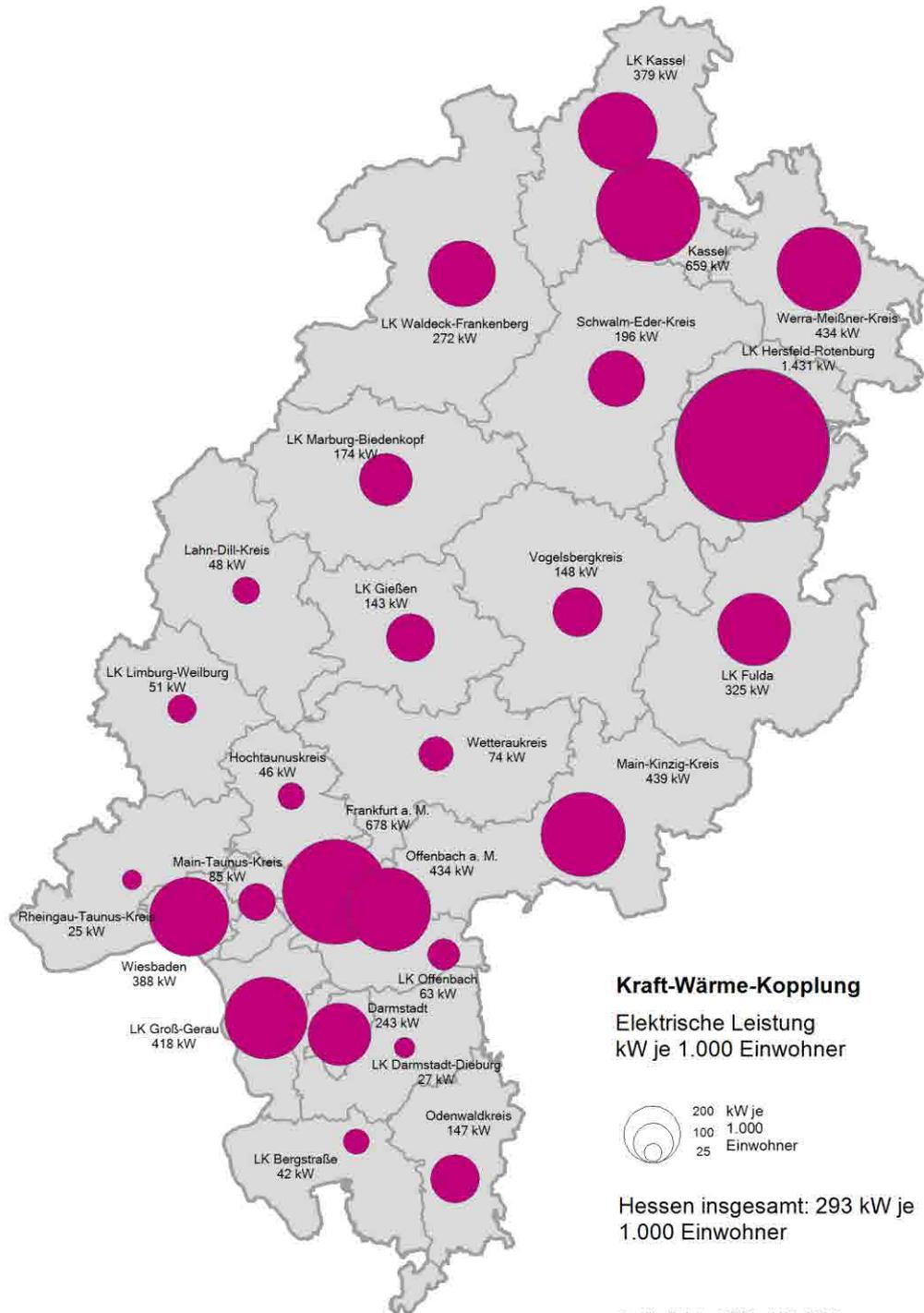
Der Anteil an der elektrischen Leistung liegt hier bei 18 Prozent und der Anteil an der thermischen Leistung sogar bei 29 Prozent. Dafür liegen die entsprechenden Anteile des Energieträgers Erdgas niedriger, und zwar bei 53 Prozent (elektrische Leistung) bzw. bei 42 Prozent (thermische Leistung). Der Energieträger Kohle kommt bei KWK-Anlagen mit 19 Prozent bei der elektrischen Leistung bzw. 17 Prozent bei der thermischen Leistung auf vergleichbare Werte wie in Hessen.

Abbildung 42 zeigt für die einzelnen Landkreise und kreisfreien Städte in Hessen die elektrische Leistung der im Marktstammdatenregister gemeldeten KWK-Anlagen, bezogen auf die Zahl der Einwohner zum 31. Dezember 2023 (kW je 1.000 Einwohner).

Landkreise und kreisfreie Städte mit großen Kraftwerken verzeichnen die höchsten Werte. Als Beispiele können der Landkreis Hersfeld-Rotenburg mit den Kraftwerken des Unternehmens K+S AG sowie die kreisfreien Städte Frankfurt, Offenbach und Kassel mit größeren Heizkraftwerken genannt werden.

Im Jahr 2023 haben laut Marktstammdatenregister in Hessen insgesamt 209 KWK-Stromerzeugungseinheiten mit einer elektrischen Leistung von 10,1 MW ihren Betrieb aufgenommen (BNetzA 2024a).

Abbildung 42: In KWK-Anlagen installierte elektrische Leistung zur Stromerzeugung je 1.000 Einwohner zum 31.12.2023 nach hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten (in kW)



7

Versorgungssicherheit und Netzausbau



7 Versorgungssicherheit und Netzausbau

Die Energiewende mit der Abkehr von fossilen Energieträgern und dem Ausbau der erneuerbaren Energien stellt neue Anforderungen an die Stromnetze und die Versorgungssicherheit. Die Stromerzeugung aus Wind und Sonne unterliegt natürlichen Schwankungen und der in den großen Offshore-Windparks in Norddeutschland erzeugte Strom muss zu den Verbrauchern in Süddeutschland transportiert werden. Aber auch die Verbraucher speisen zunehmend selbst Strom ins Netz. Gleichzeitig steigt auf der Verbraucherseite die Stromnachfrage, beispielsweise durch die Zunahme der Elektromobilität. Für eine verlässliche Stromversorgung ist daher ein umfangreicher Aus- und Umbau der Netze erforderlich.

Im Jahr 2022 stand infolge des Russland-Ukraine-Kriegs und des Ausfalls der Gasimporte aus Russland die Sicherheit der Gasversorgung im Mittelpunkt der öffentlichen Diskussion. In kürzester Zeit musste Ersatz für die im europäischen Vergleich hohe Abhängigkeit Deutschlands von russischen Gasimporten gefunden werden. Im Monitoringbericht 2023 wurde gezeigt, dass die russischen Importe durch Gasimporte aus anderen Ländern, die Errichtung von Flüssiggasterminals und die Reduzierung des Gasverbrauchs kompensiert werden konnten.

Im anschließenden Kapitel 7.1 wird nun die Stromversorgung betrachtet. Dargestellt sind Versorgungsunterbrechungen im Stromnetz, Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen, der Ausbaustand der durch Hessen verlaufenden Stromnetze, die Investitionen der Verteilnetzbetreiber (VNB) und der Übertragungsnetzbetreiber

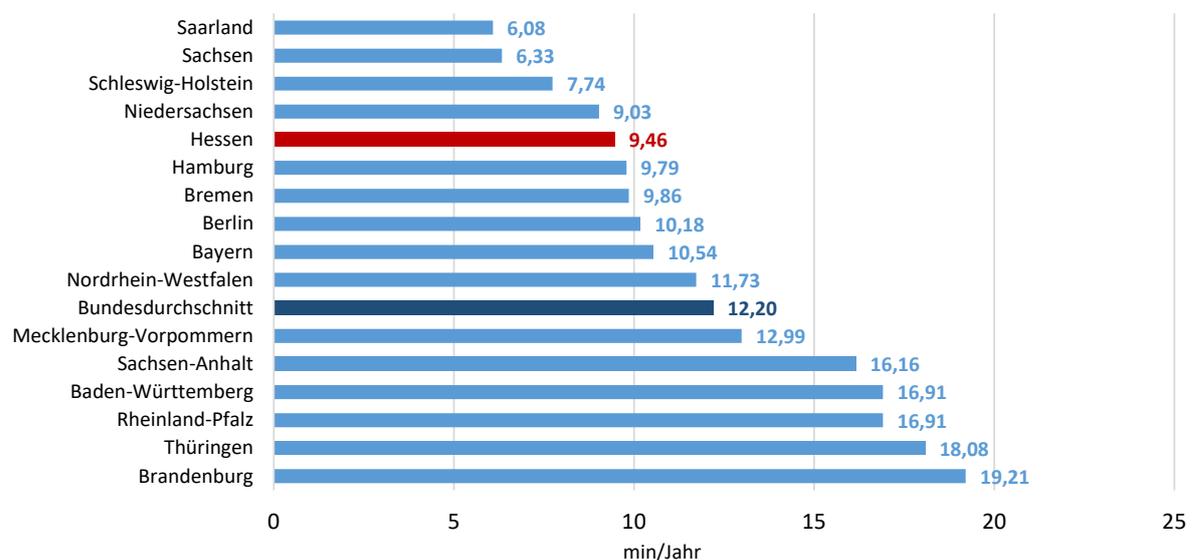
(ÜNB) sowie die Digitalisierung der Stromnetze. Im Fokus von Kapitel 7.2. steht die Entwicklung der Gasversorgung, wobei Gasimporte, das Gasnetz, die Investitionen der Verteilnetzbetreiber (VNB) und der Fernleitungsnetzbetreiber (FNB), Versorgungsunterbrechungen sowie Erdgasspeicher dargestellt werden. Neu im Monitoringbericht ist die Darstellung der Wasserstoffnetze in Kapitel 7.3. Wie gewohnt schließt Kapitel 7 mit einem Blick auf das Fernwärmenetz in Hessen.

7.1 Sicherheit der Stromversorgung und Ausbau der Stromnetze

Versorgungsunterbrechungen im Stromnetz

Die Bundesnetzagentur berichtet regelmäßig über Versorgungsunterbrechungen im Stromnetz. Der SAIDI-Wert (System Average Interruption Duration Index) als Kennzahl für Versorgungsunterbrechungen berechnet sich aus den von den Netzbetreibern übermittelten Daten zu Zeitpunkt, Dauer, Ausmaß und Ursache aller Versorgungsunterbrechungen, die länger als drei Minuten andauerten. Der daraus errechnete SAIDI-Index bezeichnet die durchschnittliche Dauer der Versorgungsunterbrechung je angeschlossenem Letztverbraucher. Berücksichtigt werden dabei nur ungeplante Unterbrechungen, die auf atmosphärische Einwirkungen, Einwirkungen Dritter, Rückwirkungen aus anderen Netzen oder auf andere Störungen im Bereich des Netzbetreibers zurückzuführen sind.

Abbildung 43: Versorgungsunterbrechungen (SAIDI) Strom nach Bundesländern 2022 (in min/Jahr)



Quelle: BNetzA 2024g.

Der SAIDI-Wert für Hessen lag im Jahr 2022 bei 9,46 Minuten, was einen Rückgang gegenüber dem Vorjahr um 1,06 Minuten bedeutet. Wie in den Vorjahren lag der SAIDI für Hessen auch im Jahr 2022 unter dem Bundeswert (12,2 Minuten). Insgesamt wurden bundesweit 157.245 Versorgungsunterbrechungen in der Nieder- und Mittelspannung berichtet, das waren 9.370 weniger als im Vorjahr. Somit befand sich die Versorgungssicherheit weiterhin auf einem hohen Niveau.

Im Bundesländer-Vergleich wurde für Hessen der fünftniedrigste SAIDI-Wert berechnet. Den höchsten SAIDI-Wert hatte Brandenburg mit 19,21 Minuten, gefolgt von Thüringen mit 18,08 Minuten, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz mit jeweils 16,91 Minuten und Sachsen-Anhalt mit 16,16 Minuten. Niedrigere SAIDI-Werte als Hessen wurden für das Saarland (6,08 Minuten), Sachsen (6,33 Minuten), Schleswig-Holstein (7,74 Minuten) und Niedersachsen (9,03 Minuten) ausgewiesen (siehe Abbildung 43). Bei den dargestellten Bundesländerergebnissen ist zu beachten, dass die Länderwerte nur näherungsweise deckungsgleich mit dem jeweiligen Bundesland sind, da die Versorgungsunterbrechungen 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 2024g).

Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen

Zur Gewährleistung der Netzstabilität und Versorgungssicherheit müssen Erzeugung, Transport und Verbrauch von Strom aufeinander abgestimmt werden. Der Ausbau von Anlagen der erneuerbaren Energieerzeugung bei gleichzeitigen Verzögerungen im Netzausbau führen phasenweise zu Netzbelastungen, sodass eine geografische Umverteilung der Stromerzeugung erforderlich wird. Dies geschieht durch Maßnahmen des Netzengpassmanagements. Hierfür steht den Netzbetreibern ein breites Instrumentarium zur Verfügung. Die Bundesnetzagentur stellt unter der Internetplattform SMARD entsprechende Daten zum Netzengpassmanagement bereit (BNetzA 2024h).

Im Jahr 2023 lag bundesweit das gesamte Maßnahmenvolumen für Netzengpassmanagement (Redispatchmaßnahmen mit Markt- und Netzreservekraftwerken sowie Countertrading) bei 34.297 GWh und damit um knapp 5 Prozent höher als im Jahr 2022 (32.772 GWh). Die entsprechenden Kosten betragen trotz gesteigener Mengen 3,1 Mrd. Euro und lagen damit deutlich unter den Kosten im Vorjahr (2022: 4,2 Mrd. Euro), was hauptsächlich auf die gesunkenen Brennstoff- und Großhandelspreise zurückzuführen ist.

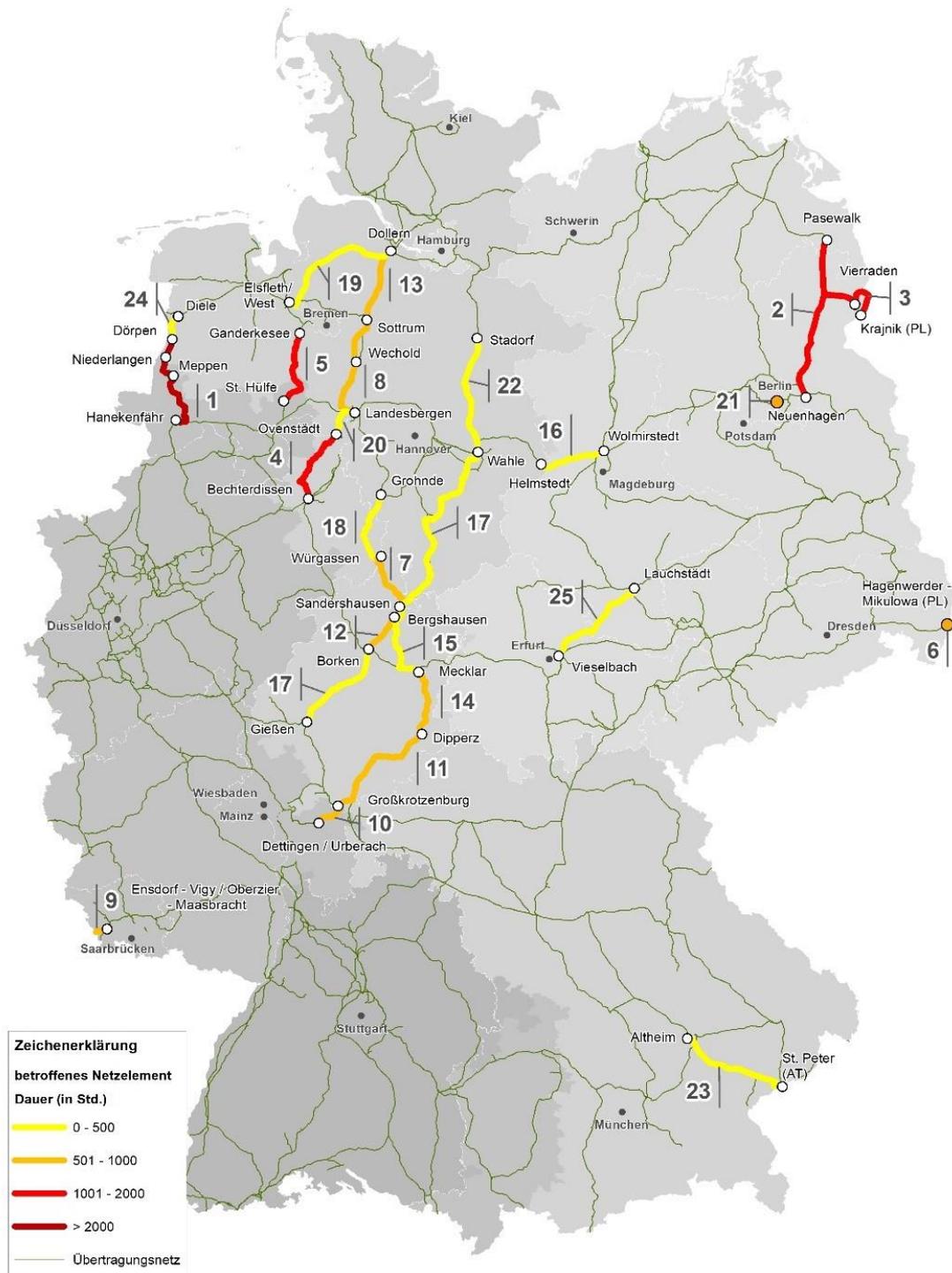
Die im Redispatch angepassten Einspeisungen der am Markt befindlichen Kraftwerke betragen im Jahr 2023 27.133 GWh. Dies bedeutet eine Erhöhung um 12 Prozent im Vergleich zum Vorjahr (2022: 24.225 GWh). Offshore- und Onshore-Windenergieanlagen waren mit 5.729 GWh bzw. 3.980 GWh die am meisten abgeregelten Energieträger. Zum Ausgleich der Reduzierungen im Redispatch wurden Steinkohle- und Gaskraftwerke am häufigsten erhöht (5.460 GWh bzw. 3.224 GWh). Ursächlich für den Anstieg der Abregelungen von Windenergieanlagen war die gestiegene Einspeisung, wozu neben dem Ausbau insbesondere ein im Vergleich zum Vorjahr höheres Windaufkommen beitrug. Trotz der gestiegenen Abregelungen der erneuerbaren Erzeugung blieb im Verhältnis zur Gesamtstromerzeugung aus erneuerbaren Energien der wegen strom- und spannungsbedingten Engpässen abgeregelte Anteil auch im Jahr 2023 bei ca. 4 Prozent. Es konnten somit 96 Prozent der erneuerbaren Erzeugung von den Letztverbrauchern genutzt werden.

In Abbildung 44 ist die Dauer der deutschlandweit am meisten überlasteten Netzelemente im ersten Quartal 2024 dargestellt, welche sich überwiegend in Norddeutschland befinden. In Hessen waren die am stärksten betroffenen Netzelemente Großkrotzenburg – Dettingen / Urberach (660 Stunden), Dipperz – Großkrotzenburg (642 Stunden), Stromkreis Bergshausen – Borken (621 Stunden), Mecklar – Dipperz (524 Stunden), Leitung Wahle – Mecklar (431 Stunden) und Borken – Gießen (426 Stunden).

Die Netzreservekraftwerke wurden im Jahr 2023 mit rund 1.149 GWh zur Engpassentlastung eingesetzt. Der Rückgang der Netzreserveeinsätze gegenüber dem Vorjahr (2022: 3.238 GWh) ist darauf zurückzuführen, dass Erdgas in der Stromerzeugung eingespart wurde.

Im Winter 2023/2024 wurden von den ÜNB im Zeitraum vom 1. Oktober 2023 bis zum 15. April 2024 an 90 von 198 Tagen Redispatchleistungen durch deutsche Netzreservekraftwerke angefordert. Der Vergleichswert des Winters zuvor lag mit 117 von 197 Tagen deutlich höher. Die meisten Einsatztage verzeichnete das Kraftwerk Staudinger 4 mit 38 Tagen (BNetzA 2024i). Für den Winter 2024/2025 beträgt der Bedarf an Erzeugungskapazitäten aus Netzreservekraftwerken 6.947 MW, der gemäß der Systemanalyse der ÜNB nicht allein aus inländischen Netzreservekraftwerken gedeckt werden kann. Für den darauffolgenden Winter 2026/2027 wird nach vorläufigem Stand ein Bedarf von 9.202 MW erwartet (BNetzA 2024i).

Abbildung 44: Dauer der Überlastung auf den am stärksten betroffenen Netzelementen in Deutschland, 1. Quartal 2024



Die in der Karte angegebenen Nummern bezeichnen die Netzelemente.

Quelle: BNetzA 2024h.

Ausbau des Übertragungsnetzes

Im Übertragungsnetz wird der Strom über große Entfernungen mit Höchstspannung transportiert. Die Leitungslänge des Übertragungsnetzes lag zum 31. Dezember 2023 bei 38.800 Kilometern (50Hertz, Amprion, TransnetBW, Tennet 2024). Es ist in vier Regelzonen unterteilt und wird von den Übertragungsnetzbetreibern (ÜNB) betrieben: 50Hertz betreibt das Höchstspannungsnetz im Norden und Osten Deutschlands, Amprion schwerpunktmäßig das im Westen, TransnetBW das in Baden-Württemberg und das Gebiet von TenneT durchzieht ganz Deutschland (50Hertz, Amprion, TransnetBW, Tennet 2023a). Die Stromübertragung erfolgt bei Drehstrom mit Höchstspannung von 220 Kilovolt (kV) oder 380 kV. Bei den neuen Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HGÜ) erfolgt die Übertragung mit bis zu 525 kV.

Der Ausbau der Übertragungsnetze ist weiter vorangeschritten. Zum 31. März 2024 umfassten das Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG) und das Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) deutschlandweit wie im Vorjahr insgesamt 119 Ausbauprojekte mit einer Gesamtlänge von zusammen 14.002 Kilometern (2022: 14.019 km). Davon waren 30 Vorhaben (2022: 25) mit einer Gesamtlänge von 2.912 Kilometern fertiggestellt (+406 km ggü. Vorjahr). 15 Vorhaben (2022: 14) mit einer Gesamtlänge von 2.263 Kilometern waren genehmigt oder im Bau. Dies bedeutet eine deutliche Zunahme gegenüber dem Vorjahr (+1.178 km). Noch in der Genehmigungsphase befanden sich 62 Vorhaben (2022: 55) mit einer Gesamtlänge von 7.835 Kilometern (+163 km ggü. Vorjahr),

davon waren 1.552 Kilometer (+157 km ggü. Vorjahr) im Raumordnungs- oder Bundesfachplanungsverfahren und 6.283 Kilometer (+6 km ggü. Vorjahr) standen vor oder im Planfeststellungsverfahren. Noch nicht im Genehmigungsverfahren befanden sich nur noch zwölf Vorhaben (2022: 25) mit einer Gesamtlänge von 992 Kilometern (-1.764 km ggü. Vorjahr) (BNetzA 2024e). In Abbildung 45 ist der Ausbaustand der Vorhaben zum 31. März 2024 kartografisch dargestellt.

Ausbaustand nach Bundesbedarfsplangesetz

Aktuell sind 97 Vorhaben nach BBPIG in Ausbauplanung. Gegenüber dem Vorjahr ist keine Veränderung erfolgt. 15 Vorhaben verlaufen innerhalb bzw. möglicherweise durch Hessen.

In Tabelle 15 sind zum Stand 15. Juli 2024 besondere Kennzeichnungen und der Ausbautyp, der Vorhabenträger, technische Merkmale sowie der Status der Verfahren und der Zeitpunkt der geplanten Inbetriebnahme aufgeführt (BNetzA 2024f). Insgesamt ist eine zunehmende Ausbaudynamik zu konstatieren. Bei mehreren Vorhaben wurde die geplante Gesamtinbetriebnahme vorgezogen, nämlich beim Vorhaben 88 um fünf Jahre auf 2030, beim Vorhaben 65 um zwei Jahre auf 2029, beim Vorhaben 2 um ein Jahr auf 2026 und beim Vorhaben 1 ebenfalls um ein Jahr auf 2027. Gegenüber dem Vorjahresstand wurde beim Vorhaben 19 mit den Bauarbeiten begonnen und die Vorhaben BBPIG 43 und 45 sind planmäßig in den Betrieb gegangen.

Tabelle 15: Merkmale der durch Hessen verlaufenden Vorhaben aus dem BBPIG zum 15.07.2024

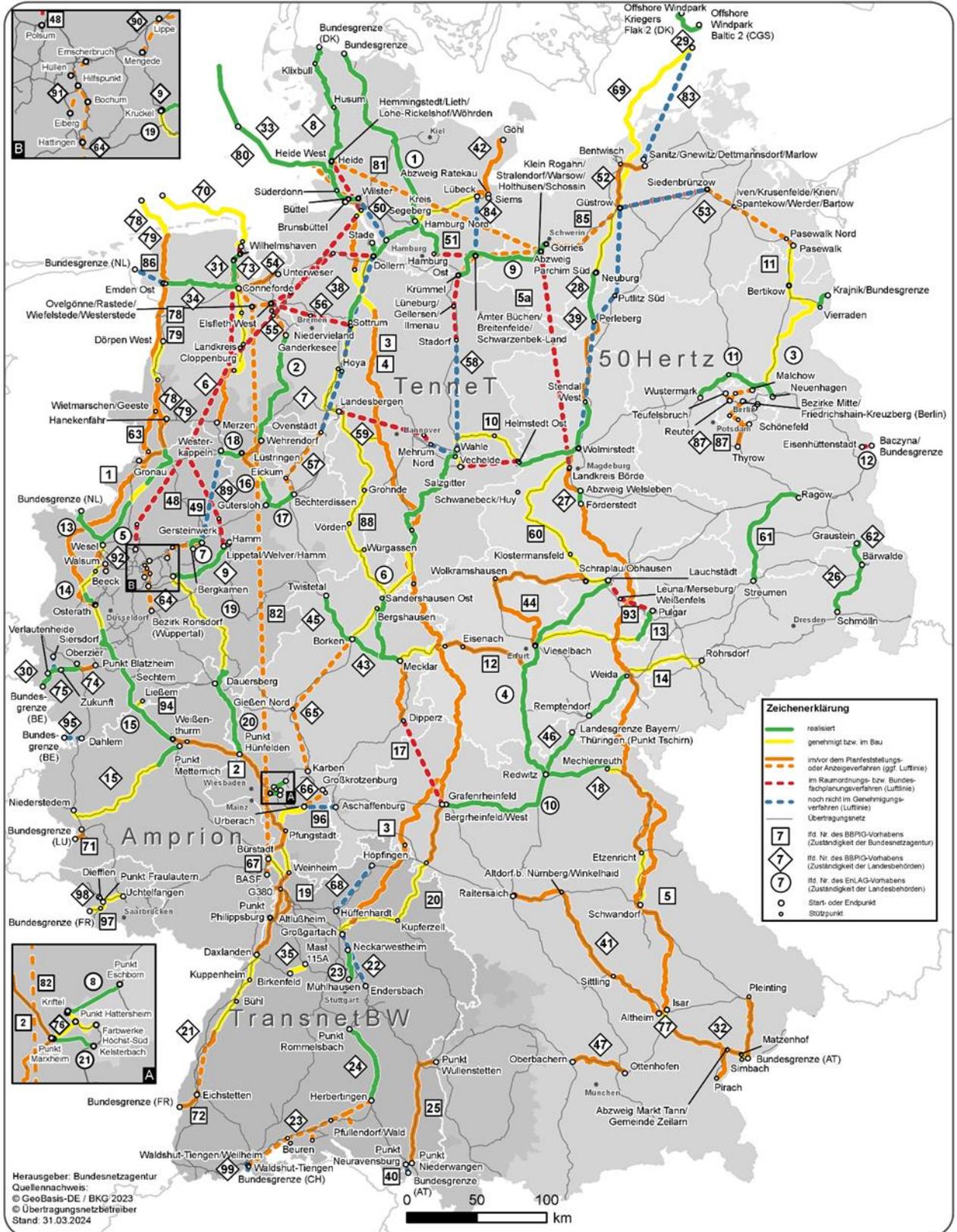
Vorhaben Nr.	Abschnitt	Kennzeichnungen / Typ	Träger von Abschnitt in Hessen	Technische Merkmale (Hessen)	Status des Verfahrens (Hessen)	Geplante Inbetriebnahme
2	Osterath – Philippsburg (Ultranet) (etwa 341 km) Abschnitt A1: Punkt Ried – Punkt Wallstadt (28 km) Abschnitt A2: Punkt Marxheim – Punkt Ried (etwa 57 km) Abschnitt D1: Punkt Koblenz – Punkt Marxheim (etwa 78 km)	länderübergreifend HGÜ-Pilotprojekt PCI* Ersatzneubau, Parallelneubau, Umbeseilung	Amprion	Gleichstrom (2 GW) 380 kV	A1: Planfeststellungsbeschluss A2: Anhörungsverfahren erfolgt; D1: Plan und Unterlagen liegen vor Öffentlichkeitsbeteiligung	2026
3	Brunsbüttel – Großgartach (SuedLink) (etwa 692 km) Abschnitt C2: Landesgrenze Niedersachsen / Hessen – Südlich Landesgrenze Hessen / Thüringen (etwa 65 km)	länderübergreifend HGÜ-Pilotprojekt Erdkabel PCI* Neubau in neuer Trasse	TransnetBW	Gleichstrom (2 GW) 525 kV	In Planfeststellung: C2 im Anhörungsverfahren	2028
4	Wilster – Bergheinfeld/West (SuedLink) (etwa 540 km) Abschnitt C2: Landesgrenze Niedersachsen / Hessen – Südlich Landesgrenze Hessen / Thüringen (etwa 65 km)	länderübergreifend HGÜ-Pilotprojekt Erdkabel PCI* Neubau in neuer Trasse	TransnetBW	Gleichstrom (2 GW), 525 kV	in Planfeststellung: C2 im Anhörungsverfahren	2028

Vorhaben Nr.	Abschnitt	Kennzeichnungen / Typ	Träger von Abschnitt in Hessen	Technische Merkmale (Hessen)	Status des Verfahrens (Hessen)	Geplante Inbetriebnahme
12	Vieselbach – Eisenach – Mecklar (etwa 130 km) Abschnitt B: Regelzonen-grenze – Mecklar (etwa 43 km)	länderübergreifend Ersatzneubau, Umbeseilung	Abschnitt B: TenneT	Wechselstrom 380 kV	Abschnitt B: in Planfeststellung: Festlegung des Untersuchungsrahmens	2027
17	Mecklar – Dipperz – Berg-rheinfeld West (Fulda-Main-Leitung) (etwa 152 km) Abschnitt A: Mecklar – Dipperz (etwa 50 km) Abschnitt B: Dipperz – Berg-rheinfeld West (etwa 102 km)	länderübergreifend Erdkabel-Pilotprojekt Neubau in neuer Trasse, Parallelneubau	TenneT	Wechselstrom 380 kV	in Bundesfachplanung: A: Festlegung des Untersuchungsrahmens B: Prüfaufträge nach Erörterungstermin	2031
19	Urberach – Pfungstadt – Weinheim – G380 – Altlußheim – Daxlanden (etwa 142 km) Abschnitt Nord 1: Urberach – Pfungstadt – Weinheim (66 km) Abschnitt Süd 3: Weinheim – Rheinau (etwa 18 km)	länderübergreifend Ersatzneubau, Parallelneubau, Umbeseilung	Abschnitt Nord: Amprion, Abschnitt Süd: TransnetBW	Wechselstrom 380 kV	Abschnitt Nord 1: in Bau Abschnitt Süd 3: in Planfeststellung, Festlegung des Untersuchungsrahmens	2031
43	Borken – Mecklar (41 km)	keine Kennzeichen Ersatzneubau, Umbeseilung	TenneT	Wechselstrom 380 kV	Fertiggestellt und in Betrieb	2023
45	Borken – Twistetal (43 km)	keine Kennzeichen Ersatzneubau, Umbeseilung	TenneT	Wechselstrom 380 kV	Fertiggestellt und in Betrieb	2023
65	Borken – Gießen Nord – Karben (etwa 124 km) Borken – Gießen Nord (73 km) Gießen Nord – Karben (51 km)	keine Kennzeichen Ersatzneubau, Umbeseilung	TenneT	Wechselstrom 380 kV	Raumordnungsverfahren nicht erforderlich	2029
66	Großkrotzenburg – Dettingen – Urberach (24 km)	Pilotprojekt für Hochtemperatur-leiteseile Umbeseilung	Amprion	Wechselstrom 380 kV	vor Genehmigungsverfahren	2028
67	Bürstadt – BASF (Ludwigs-hafen am Rhein) (etwa 13 km)	Verzicht auf Bundesfachplanung länderübergreifend Ersatzneubau, Parallelneubau, Umbeseilung	Amprion	Wechselstrom 380 kV	im Planfeststellungsverfahren: Festlegung des Untersuchungsrahmens	2029
76	Kriftel – Farbwerke Höchst Süd (11 km)	keine Kennzeichen Ersatzneubau, Umbe-seilung, Zubeseilung	Amprion	Wechselstrom 380 kV	im Bau	2024
82	Ovelgönne / Rastede / Wiefelstede / Westerstede – Bürstadt (Rhein-Main-Link) (etwa 600 km)	länderübergreifend HGÜ-Pilotprojekt Erdkabel Neubau in neuer Trasse	Amprion	Gleichstrom 525 kV	in Planfeststellung	2033
88	Landesbergen – Grohnde – Vörden – Würzgassen – Sanders-hausen Ost – Bergshausen – Borken (217 km)	länderübergreifend Umbeseilung	TenneT	Wechselstrom 380 kV	genehmigt	2030
96	Aschaffenburg – Urberach (etwa 30 km)	länderübergreifend Neubau in neuer Trasse	Amprion	Wechselstrom 380 kV	vor Genehmigungsverfahren	2035

* PCI = Vorhaben von gemeinsamem Interesse

Quelle: BNetzA 2024f (abgerufen am 15.07.2024).

Abbildung 45: Stand der Vorhaben aus dem BBPIG und EnLAG zum 31.03.2024



Quelle: BNetzA 2024e.

Vorhaben 2 wird von den Vorhabenträgern Amprion und TransnetBW unter der Bezeichnung Ultrahigh Voltage (UHV) durchgeführt. Es ist ein Pilotprojekt für eine HGÜ-Leitung und als ein „Vorhaben von gemeinsamem Interesse“ (PCI) kategorisiert.¹⁹ Die etwa 341 Kilometer lange Leitung soll die Netzverknüpfungspunkte Osterath in Nordrhein-Westfalen und Philippsburg in Baden-Württemberg verbinden. Durch Hessen verlaufen die Teilabschnitte D1 Punkt Koblenz – Punkt Marxheim (etwa 78 km), A2 Punkt Marxheim – Punkt Ried (etwa 57 km) und A1 Punkt Ried – Punkt Wallstadt (28 km). Mit Stand 15. Juli 2024 waren insgesamt 69 Kilometer genehmigt bzw. im Bau (ggü. 2022 +41 km) und 1 Kilometer fertiggestellt. Der aktuell benannte Termin der geplanten Gesamtinbetriebnahme ist 2026 und damit ein Jahr früher als noch im Vorjahr ausgewiesen. Der Abschnitt D1 Punkt Koblenz – Punkt Marxheim befindet sich in der Planfeststellung, die Unterlagen wurden von Amprion eingereicht, das Anhörungsverfahren läuft. Für den Abschnitt A2 Punkt Marxheim – Punkt Ried wurde das Anhörungsverfahren beendet, es folgt der Erörterungstermin. Für den Abschnitt A1 Punkt Ried – Punkt Wallstadt hat die BNetzA am 29. Juni 2023 den Plan festgestellt. Eine Klage von zwei hessischen Gemeinden gegen den Planfeststellungsbeschluss wurde am 12. Juni 2024 durch das Bundesverwaltungsgericht abgewiesen.

Die beiden 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 Erdkabelvorhaben bei den Planungen gemeinsam. Die Gesamtinbetriebnahme der Stromleitungen ist im Jahr 2028 vorgesehen. Nach derzeitigem Planungsstand verläuft Vorhaben 3 von Brunsbüttel nach Großgartach mit einer Länge von etwa 692 Kilometern, wovon 627 Kilometer im oder vor dem Planfeststellungsverfahren stehen und 65 Kilometer genehmigt bzw. im Bau sind (+47 km ggü. Vorjahr). Vorhaben 4 verläuft von Wilster nach Bergheimfeld/West mit einer Länge von etwa 540 Kilometern, von denen sich 492 Kilometer im Planfeststellungsverfahren befinden und 48 Kilometer genehmigt bzw. im Bau sind. Durch Hessen verläuft in beiden Vorhaben der Teilabschnitt C2. Die Trassenkorridore (jeweils 65 km durch den Werra-Meißner-Kreis) befinden sich in der Planfeststellung.

Vorhaben 12 sieht eine Umbeseilung einer bestehenden 380-kV-Freileitung zwischen Vieselbach in Thüringen und Mecklar in Nordhessen vor. Hierzu ist im westlichen Teil ein Austausch der alten Leiterseile durch neue Hochtemperaturleiterseile geplant. Die Trassenlänge beträgt etwa 130 Kilometer. Die geplante Gesamtinbetriebnahme hat sich um ein Jahr auf 2027 verschoben.

Abschnitt B verläuft mit einer Länge von etwa 43 Kilometern von der Regelzonengrenze in der Nähe von Eisenach bis nach Mecklar. Für den Abschnitt ist die Festlegung des Untersuchungsrahmens erfolgt.

Vorhaben 17, auch Fulda-Main-Leitung genannt, sieht einen Neubau von zwei 380-kV-Systemen zwischen Mecklar in Nordhessen und Bergheimfeld in Bayern vor. Die geplante Freileitung setzt das EnLAG-Vorhaben 6 Wahle – Mecklar fort und soll die Übertragungskapazität zwischen Hessen und Bayern erhöhen. Die Inbetriebnahme ist für das Jahr 2031 geplant. Für den Abschnitt A von Mecklar bis Dipperz (etwa 50 km) wurde der Untersuchungsrahmen festgelegt. Im Abschnitt B von Dipperz nach Bergheimfeld West (etwa 102 km) ergaben sich im Zuge der Öffentlichkeitsbeteiligung und der Erörterungstermine neue Erkenntnisse, weswegen die Bundesnetzagentur den Vorhabenträger TenneT aufgefordert hat, die entsprechenden Sachverhalte entsprechend neu einzuschätzen.

Das Vorhaben 19 verbindet die Netzverknüpfungspunkte Urberach in Rödermark und Daxlanden in Karlsruhe, wobei der Trassenkorridor weitestgehend dem Verlauf bereits bestehender Stromleitungen auf der Spannungsebene 220 kV folgt. Die Umstellung auf den 380-kV-Betrieb soll die Übertragungskapazität in der durch hohe Lasten geprägten Region zwischen Frankfurt und Karlsruhe erhöhen. Die Abschnitte Nord 1 (66 km) und Süd 3 (etwa 18 km) verlaufen durch Hessen. Für Abschnitt Nord 1 wurde das Planfeststellungsverfahren abgeschlossen und die Bauarbeiten haben begonnen. Der Abschnitt Süd 3 befindet sich noch im Planfeststellungsverfahren. Die geplante Inbetriebnahme des Vorhabens ist im Jahr 2031.

Die Vorhaben 43 zwischen Borken und Mecklar und 45 zwischen Borken und Twistetal ertüchtigen die wichtigen Nord-Süd-Verbindungen in Hessen durch eine Verstärkung der bestehenden 380-kV-Freileitungen. Die Vorhaben sind abgeschlossen und die Leitungen sind im Jahr 2023 in Betrieb gegangen.

Die Vorhaben 65 Borken – Gießen Nord – Karben (etwa 124 km) und 66 Großkrotzenburg – Dettingen – Urberach (etwa 24 km) sind seit 2021 im Bundesbedarfsplan gelistet. Für beide Vorhaben ist ein Raumordnungsverfahren nicht erforderlich. Die geplante Inbetriebnahme wurde von ursprünglich 2031 um zwei Jahre auf 2029 vorverlegt. Das Vorhaben 66 ist ein Pilotprojekt für Hochtemperaturleiterseile. Das Vorhaben 66 soll im Jahr 2028 in Betrieb gehen.

¹⁹ 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 2023).

Auch das Vorhaben 67 Bürstadt – BASF (Ludwigshafen am Rhein) ist seit 2021 im Bundesbedarfsplan. Es soll einen Engpass in der 220-kV-Ebene zwischen Bürstadt und BASF in Ludwigshafen beseitigen. Der Bundesbedarfsplan sieht für das Vorhaben aufgrund seiner besonderen Eilbedürftigkeit den Verzicht auf eine Bundesfachplanung vor. Das Vorhaben befindet sich im Planfeststellungsverfahren. Die Inbetriebnahme ist für 2029 geplant.

Das Vorhaben 76 Kriftel – Farbwerke Höchst Süd erhöht die verfügbare Kapazität am Standort Farbwerke Höchst Süd. Es ist seit 2021 im Bundesbedarfsplan enthalten. Die Bauarbeiten haben 2022 begonnen. Es wurden zehn von elf Kilometern fertiggestellt. Die geplante Inbetriebnahme ist noch 2024.

Das Vorhaben 82 (Rhein-Main-Link) im Suchraum zwischen Ovelgönne in Niedersachsen und Bürstadt dient der Erhöhung der Übertragungskapazität in das Rhein-Main-Gebiet und wurde im Juli 2022 in den Bundesbedarfsplan aufgenommen. Die Gleichstromverbindung soll vorrangig als Erdkabeltrasse ausgeführt werden und Windenergie aus der Nordsee in das Rhein-Main-Gebiet transportieren. Es handelt sich um einen Neubau in neuer Trasse, die Trassenlänge beläuft sich etwa auf 600 Kilometer. Der Vorhabenträger Amprion hat am 27. Juni 2024 einen Antrag auf Planfeststellungsbeschluss gestellt. Die Gesamtinbetriebnahme ist für 2033 geplant.

Auch das Vorhaben 88, das Landesbergen in Niedersachsen mit Borken verbindet, ist seit 2022 im Bundesbedarfsplan aufgelistet und soll die Übertragungskapazität in Niedersachsen und Hessen erhöhen. Durch Umbeseilung soll die Leitung auf 4.000 Ampere ertüchtigt werden. Das Vorhaben wird als genehmigt dargestellt, da ein förmliches Genehmigungsverfahren der Bundesnetz-

agentur nicht mehr erforderlich ist. Erforderliche Genehmigungen und Feststellungen auf Länderebene sind davon unbenommen. Die geplante Gesamtinbetriebnahme ist 2030 und damit fünf Jahre eher als ursprünglich geplant. Ebenfalls im Jahr 2022 neu im BBPIG aufgenommen ist das Vorhaben 96 Aschaffenburg – Urberach mit einer Trassenlänge von etwa 30 Kilometern. Es erhöht die Übertragungskapazität zwischen Hessen und Bayern. Für das Vorhaben wurde noch kein Genehmigungsverfahren beantragt. Die Inbetriebnahme ist für 2035 geplant.

Ausbaustand nach Energieleitungsausbaugesetz

Für die im Gesetz zum Ausbau von Energieleitungen (EnLAG) gelisteten 22 Ausbauprojekte liegt die Durchführung der Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren in der Verantwortung der jeweiligen Bundesländer. Das einzige durch Hessen verlaufende und sich noch in Bau befindliche Vorhaben ist Vorhaben 6, das über eine Gesamtlänge von 226 Kilometern Wahle in Niedersachsen mit Mecklar in Nordhessen verbindet. Die Stromleitung ist nahezu vollständig fertiggestellt, nur noch acht Kilometer befinden sich im Bau (Stand: 31.03.2024). Das Vorhaben ist auf der gesamten Länge eine der Pilotstrecken, die der bundesweiten Erprobung von Erdkabeln beim Betrieb von Höchstspannungsleitungen mit Wechselstrom (220-380 kV) dienen sollen. Der durch Hessen verlaufende 67 Kilometer lange Teilabschnitt wurde im September 2023 fertiggestellt. Die Gesamtinbetriebnahme der Leitung soll noch im Jahr 2024 erfolgen. Die weiteren in bzw. durch Hessen verlaufenden drei EnLAG-Vorhaben sind bereits seit Jahren in Betrieb und in Tabelle 16 nachrichtlich dargestellt.

Tabelle 16: Merkmale der in Hessen verlaufenden Vorhaben nach EnLAG zum 15.07.2024

Vorhaben Nr.	Abschnitt	Kennzeichnung	Träger	Technische Merkmale	Länge in Hessen	Status des Verfahrens	Geplante Inbetriebnahme
6	Wahle – Mecklar (226 km)	Erdkabel-Pilotprojekt	TenneT	Wechselstrom 380 kV	67 km	Teilabschnitt Hessen: Leitung fertiggestellt	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 2024f (abgerufen am 15.07.2024).

Netzoptimierende Maßnahmen

Mit netzoptimierenden Maßnahmen soll eine höhere Auslastung des Übertragungsnetzes ermöglicht werden. Hierzu zählen lastflusststeuernde Maßnahmen, Netzbooster-Pilotanlagen, Freileitungsmonitoring und der Einsatz von Hochtemperaturleiterseilen. Folgende Maßnahmen sind für vollständig bzw. teilweise durch Hessen verlaufende Leitungen mit Stand 31. März 2024 umgesetzt bzw. geplant (BNetzA 2024e):

- Die lastflusststeuernde Maßnahme Waldeck2 am Abzweig nach Waldeck (Suchraum Stadt Waldeck und Gemeinde Edertal) (Netzentwicklungsplan (NEP)-Projekt P353 mit NEP-Maßnahme M532) sieht die Errichtung eines Phasenschiebertransformators (PST) am Standort Waldeck2 am Abzweig nach Waldeck (Suchraum Stadt Waldeck und Gemeinde Edertal) vor, um die Leistungsflüsse auf den Leitungen in Richtung Borken steuern zu können. Dadurch ergibt sich auch die Möglichkeit, die Leistungsflüsse im Übertragungsnetz in der gesamten Region positiv zu beeinflussen. Die Inbetriebnahme ist für 2028 geplant.
- In Hessen sind aktuell keine Netzbooster-Pilotanlagen zur Höherauslastung des Übertragungsnetzes geplant.²⁰
- Mit dem Freileitungsmonitoring (FLM) werden die Witterungsbedingungen am Leiterseil erfasst, um z. B. bei niedriger Umgebungstemperatur die Leiter höher auszulasten. Es werden drei unterschiedliche Betriebsfälle unterschieden:
 - o Bestandsoptimierend: Das sind Stromkreise mit einer Trassierungstemperatur von unter 80 °C.
 - o Statische Grenzwerte: Dies sind Freileitungen, auf denen kein witterungsabhängiger Betrieb angewendet wird.
 - o Potenzialoptimierend: Dies sind Stromkreise, die in Abhängigkeit der umgebenden Witterungsbedingungen betrieben werden können.

Von den für die hessischen Stromleitungen zuständigen ÜNB TenneT und Amprion wird aktuell ein Anteil von potenzialoptimierenden FLM an der gesamten Stromkreislänge in Deutschland von 79 Prozent bzw. 43 Prozent gemeldet.

- Hochtemperaturleiterseile ermöglichen mit Temperaturen von 150 °C bis 210 °C eine höhere Betriebstemperatur als bei Standardleitern zulässig sind (80 °C). In Hessen wurden Hochtemperaturleiter für das BBPIG-Vorhaben 43 Borken – Mecklar und das

BBPIG-Vorhaben 45 Borken – Twistetal realisiert. In Planung sind Hochtemperaturleiter für die Vorhaben BBPLG 12 Vieselbach – Mecklar, BBPIG-Vorhaben 65 Borken – Karben, BBPIG-Vorhaben 66 Großkrotzenburg – Urberach sowie für die Maßnahme M485 im Projekt AMP-P310 Bürstadt-Kühmoos.

Verteilernetz

Durch die vermehrt in den Verteilernetzen angeschlossene Erzeugungsleistung erneuerbarer Energien sowie die Nachfragezuwächse im Bereich der Elektromobilität und des Wärmesektors steigt die Bedeutung der Verteilernetze für die Systemstabilität. Auf Ebene der Verteilernetze wird der Strom in Hoch-, Mittel- und Niederspannung übertragen. Bundesweit beträgt die Länge der Verteilernetze rund 1,8 Mio. Kilometer (BMWK 2024g). Das Hochspannungsnetz mit einer Länge von 94.000 Kilometern ist die Verbindung zum Übertragungsnetz. Hier wird der Strom zu Ballungszentren und großen Industriebetrieben verteilt. Das Mittelspannungsnetz hat eine Länge von 520.000 Kilometern und verteilt den Strom an regionale Transformatorstationen und direkt an größere Verbraucher. Das Niederspannungsnetz (1,19 Mio. km) dient der Verteilung an die Haushalte und kleinere gewerbliche Betriebe.

Die Länge des Verteilernetzes in Hessen belief sich zum 31. Dezember 2022 auf insgesamt 125.758 Kilometer, wobei 111.386 Kilometer als Erdkabel verlegt waren. Auf das Niederspannungsnetz entfielen 87.399 Kilometer, auf das Mittelspannungsnetz 30.948 Kilometer und auf das Hochspannungsnetz 7.411 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 86 Prozent und das Hochspannungsnetz zu 6 Prozent (LDEW 2024).

Investitionen in Stromnetze

Die Stromnetzbetreiber investierten im Jahr 2022 insgesamt Mittel in Höhe von 9,7 Mrd. Euro in den Ausbau der deutschen Stromnetze, was eine leichte Erhöhung um 138 Mio. Euro bzw. um 1,5 Prozent gegenüber dem Vorjahr bedeutet (siehe Abbildung 46). Damit wurde der Planwert der Netzbetreiber für 2022 in Höhe von 11,6 Mrd. Euro jedoch deutlich unterschritten (BNetzA, BKartA 2023, HMWEVW 2023).

Deutlich gestiegen gegenüber dem Vorjahr sind die Investitionen der Verteilnetzbetreiber (VNB). Deren Investitionen in den Ausbau der Stromnetze lagen im Jahr

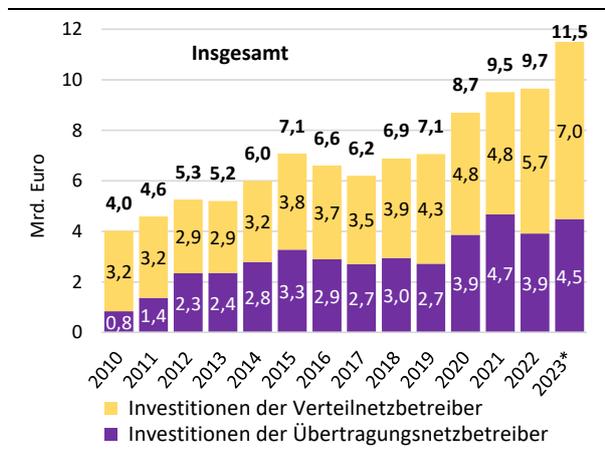
²⁰ In Planung befinden sich derzeit vier Netzbooster-Pilotanlagen, nämlich in Audorf/Süd und Ottenhofen, Kupferzell, Bayerisch Schwaben und Rheinland.

2022 bei 5,7 Mrd. Euro, das waren 0,9 Mrd. Euro bzw. 18,6 Prozent mehr als im Vorjahr. Damit wurde ein neuer Rekordwert erreicht. Allerdings blieben die Investitionen auch bei den VNB unter dem Planwert für 2022 in Höhe von 6,0 Mrd. Euro.

Die Investitionen der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) blieben im Jahr 2022 mit 3,9 Mrd. Euro um 760 Mio. Euro unter dem Wert von 2021. Sie lagen damit deutlich unter dem Planwert, der 5,5 Mrd. Euro beträgt.

Für das Jahr 2023 liegt der Planwert der Netzbetreiber bei insgesamt 11,5 Mrd. Euro. Dies bedeutet eine Zunahme des Investitionsvolumens um insgesamt knapp 20 Prozent. Damit liegt der Planwert 2023 in etwa auf Höhe des Planwerts für 2022. Gegenüber dem Istwert von 2022 stellt insbesondere der von den VNB für 2023 geplante Betrag in Höhe von 7,0 Mrd. Euro mit einem Plus von 1,3 Mrd. Euro bzw. 22,3 Prozent eine starke Ausweitung der Investitionstätigkeit dar. Die für 2023 geplante Investitionssumme der ÜNB liegt bei 4,5 Mrd. Euro, was gegenüber dem Vorjahr eine Steigerung um 0,6 Mrd. Euro bzw. von 14,6 Prozent bedeutet (BNetzA, BKartA 2023).

Abbildung 46: Investitionen in die Stromnetze in Deutschland 2010-2023 (in Mrd. Euro)



* Plandaten

Quelle: BNetzA, BKartA 2024.

Digitalisierung der Stromnetze

Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien wird die Stromerzeugung volatil. Die Anforderungen an einen sicheren und effizienten Netzbetrieb steigen, da die Komplexität des Energiesystems zugenommen hat. Statt weniger zentraler Kraftwerke gibt es eine Vielzahl dezentraler, größtenteils wetterabhängiger erneuerbarer Erzeugungsanlagen. Zudem wird der Wärme- und der Mobilitätssektor, beide bislang auf Basis fossiler Energieträger betrieben, zunehmend auf Strom umgestellt.

Zur besseren Steuerung von Angebot und Nachfrage und zur Vermeidung von Engpässen in der Stromversorgung sollen daher Netze, Erzeugung und Verbrauch digital miteinander verknüpft werden. Intelligente Systeme zur Messung und Steuerung des Energieverbrauchs (Smart Meter) helfen durch den schnellen Austausch von Daten zu Stromerzeugung und Stromverbrauch Energie effizient und kostengünstig zu nutzen sowie das Stromnetz zu entlasten. Smart Meter messen den Stromverbrauch und die in das Stromnetz eingespeiste Strommenge. Zudem versorgen sie die Netzbetreiber mit wichtigen Informationen, um Erzeugung, Netzbelastung und Verbrauch bestmöglich aufeinander abzustimmen.

Am 27. Mai 2023 trat das Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende in Kraft, durch das der Einbau intelligenter Strommesssysteme beschleunigt werden soll. So bedarf der Einbau von zertifizierten digitalen Messsystemen keiner Freigabe mehr durch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), da die notwendigen hohen Anforderungen an den Datenschutz und die Datensicherheit durch die Hersteller erfüllt werden. Das Gesetz sieht einen Rollout-Fahrplan mit verbindlichen Zielen bis zum Jahr 2030 vor. Die Messstellenbetreiber müssen die angeschlossenen Verbrauchsstellen schrittweise mit digitalen Strommessgeräten ausstatten. Ab 2025 ist der Einbau von intelligenten Messsystemen verpflichtend für Haushalte mit einem Jahresstromverbrauch von über 6.000 Kilowattstunden oder einer Photovoltaikanlage mit mehr als 7 Kilowatt installierter Leistung, bis 2030 sollen alle entsprechenden Haushalte mit Smart Metern ausgestattet sein. Auch Haushalte, die weniger Strom verbrauchen, haben das Recht auf Einbau eines intelligenten Stromzählers. Spätestens ab 2025 können zudem alle Nutzer von dynamischen Tarifen profitieren, wenn der Strombezug in kostengünstigeren Zeiten mit hoher erneuerbare Energieerzeugung erfolgt (Bundesministerium der Justiz 2023a, Bundesregierung 2023a).

Gemäß dem aktuellen Monitoringbericht von Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt hat sich der Smart-Meter-Rollout deutlich beschleunigt. Im Jahr 2022 waren bundesweit 17,1 Mio. Messlokationen mit einer modernen Messeinrichtung ausgestattet. Gegenüber dem Vorjahr bedeutet dies eine Zunahme um 25,7 Prozent. Im Vergleich zum Jahr 2019 – da lag die Vergleichszahl noch bei 5,8 Mio. – hat sich die Zahl nahezu verdreifacht (BNetzA, BKartA 2023).

7.2 Entwicklung der Gasversorgung

Der Primärenergieverbrauch von Erdgas ist nach der starken Abnahme im Jahr 2022 nochmals zurückgegangen. Mit einem Anteil von 24 Prozent ist der Energieträger Gas für Hessen jedoch nach wie vor eine wesentliche Komponente der Energieversorgung (siehe Kapitel 3).

Gas wird insbesondere zur Erzeugung von Wärme und für die Beheizung von Gebäuden genutzt (siehe Kapitel 5), aber auch zur Stromproduktion eingesetzt. Zudem dient Gas als Grundstoff insbesondere für die Chemische Industrie sowie als Kraftstoff im Verkehrssektor. Die Preisentwicklung wird in Kapitel 10 dargestellt.

Maßnahmen zur Versorgungssicherung infolge des Ausfalls der Gasimporte aus Russland

Nach Ausbruch des Russland-Ukraine-Kriegs wurde zur Sicherung der Gasversorgung in kurzer Zeit eine Vielzahl von Maßnahmen beschlossen. Beispiele sind die Änderung des Energiesicherungsgesetzes mit Füllstandsvorgaben für Gasspeicher, die Ausrufung der Alarmstufe des Notfallplans Gas, die Einrichtung eines Krisenteams Gas zur engmaschigen Bewertung der Versorgungslage, ein Ankaufprogramm zur Diversifikation der Bezugsquellen, die Errichtung von LNG-Terminals, Maßnahmen zur Senkung des Gasverbrauchs und die Beschließung des Ersatzkraftwerkbereithaltungsgesetzes zur Rückkehr von Kohlekraftwerken aus der Netzreserve in den Strommarkt (Bundesregierung 2022a, 2022b, 2023b, BNetzA 2023p). Mit diesen Maßnahmen konnte eine Gasmangellage im Jahr 2022 verhindert werden.

Entwicklung der Gasimporte

Rund 95 Prozent des Erdgasverbrauchs in Deutschland werden durch Erdgasimporte gedeckt (AGEB 2023). Mit Beginn des Russland-Ukraine-Krieges im Februar 2022 wurde schlagartig die starke Abhängigkeit Deutschlands von Russland in der Gasversorgung deutlich. Rund 55 Prozent der Erdgasimporte Deutschlands im Jahr 2021, also noch vor dem Russland-Ukraine-Krieg, stammten aus Russland, für die kurzfristig Ersatz gefunden werden musste. Gleich im Februar 2022 wurde die Fertigstellung der Pipeline Nord Stream 2, die kurz vor dem Start stand, gestoppt, die Lieferungen über die Jamal-Pipeline durch Belarus und Polen wurden von Russland im April 2022 beendet und die Gaslieferungen der Pipeline Nord Stream 1 wurden im September 2022 eingestellt. Die ausbleibenden Lieferungen aus Russland konnten teilweise durch eine Erhöhung der Importmengen aus Norwegen sowie zusätzliche Importe über die Niederlande und Belgien substituiert werden. Zudem wurde zur Anlandung von Flüssiggas über den Seeweg der Bau von LNG-Terminals vorangetrieben. Bereits im Dezember 2022 hat das Flüssiggasterminal in Wilhelmshaven als erstes deutsches Terminal den Betrieb aufgenommen, es folgten die Terminals in Lubmin im Januar und Brunsbüttel im März 2023. Das LNG-Terminal in Stade ist im Dezember 2023 in Betrieb gegangen. Eine Übersicht der Daten für die einzelnen LNG-Terminals ist unter <http://alsi.gie.eu> abrufbar.

Die Gasimporte lagen im Jahr 2022 mit 1.437 TWh infolge der Substituierung der Gasimporte durch andere Energieträger und der Reduzierung des Gasverbrauchs der Haushalte und Unternehmen um rund 12 Prozent unter dem Vorjahr. Im Jahr 2023 gingen die Gasimporte abermals deutlich zurück. Insgesamt wurde Erdgas im Umfang von 968 TWh importiert, ein Rückgang gegenüber dem Vorjahr um fast 33 Prozent. Dies dürfte auch auf die milde Witterung und die nach wie vor hohen Gaspreise zurückzuführen sein. Dem gegenüber standen Gasexporte in Höhe von 187 TWh.

Die wichtigsten Importländer waren Norwegen (43 %), die Niederlande (26 %) und Belgien (22 %). Bei den aus den Niederlanden und Belgien importierten Mengen handelt es sich in hohem Maße (NL) bzw. ausschließlich (B) um LNG, das über die LNG-Terminals in Rotterdam bzw. Antwerpen auf den deutschen Markt gelangt. Der größte Teil der über Rotterdam und Antwerpen importierten LNG-Mengen stammt aus den USA. Im Gegensatz zu den Niederlanden verfügt Belgien über keine eigenen Erdgasvorkommen.

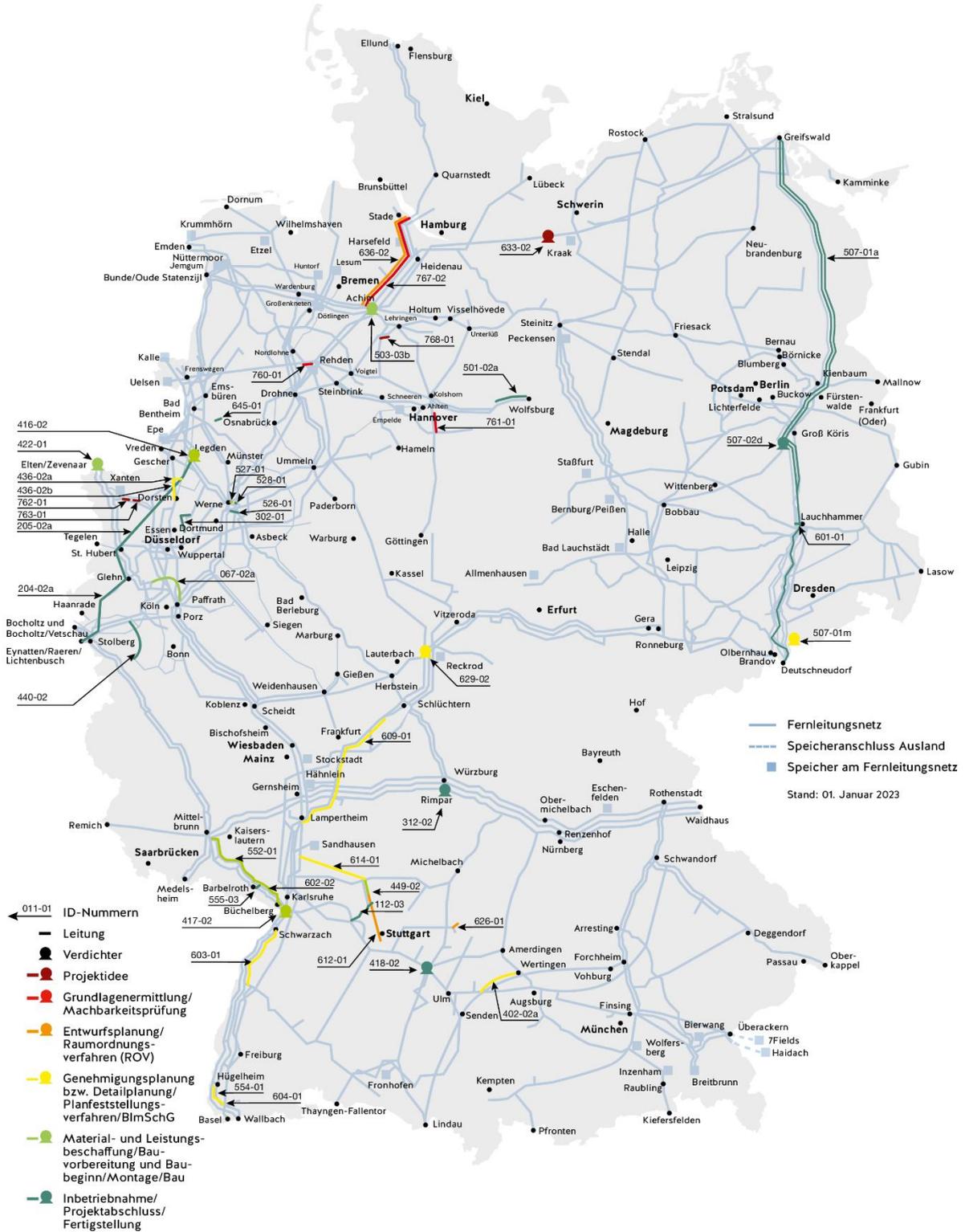
Der Anteil des über deutsche LNG-Terminals importierten Erdgases lag bei 7 Prozent. Bis zum 30. Juni 2024 wurde aus sämtlichen Bezugsquellen Gas im Umfang von 444,4 TWh nach Deutschland importiert. Der Vergleichswert für das erste Halbjahr 2023 liegt bei 526,8 TWh (BNetzA 2024c).

Ausbau des Gasnetzes

Rückgrat des Gastransportsystems in Deutschland bildet das Fernleitungsnetz mit einer Länge von 43.300 Kilometern (BNetzA/BKartA 2023). 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. Hinzu kommt ein engmaschiges Gasverteilnetz bis hin zum Endverbraucher mit einer Länge von ca. 555.000 Kilometern (BMWK 2024a). Zuständig für das Fernleitungsnetz sind deutschlandweit 16 Fernnetzbetreiber (FNB) und für das Verteilnetz 704 Verteilnetzbetreiber (VNB) (Stand: 02.11.2023, BNetzA/KartA 2023). Durch seine zentrale Lage in Europa kommt Deutschland zudem die Funktion einer Gasdrehscheibe zu.

In Abbildung 47 ist das Fernleitungsnetz zum 1. Januar 2023 dargestellt. Die Inbetriebnahmen der 115 Kilometer langen Leitung Wirtheim-Lampertheim (Netzausbaumaßnahme 609-01) und der Verdichterstation Reckrod (Netzausbaumaßnahme 629-02) sind für Oktober 2027 geplant.

Abbildung 47: Das Gas-Fernleitungsnetz zum 01.01.2023



Quelle: FNB 2024.

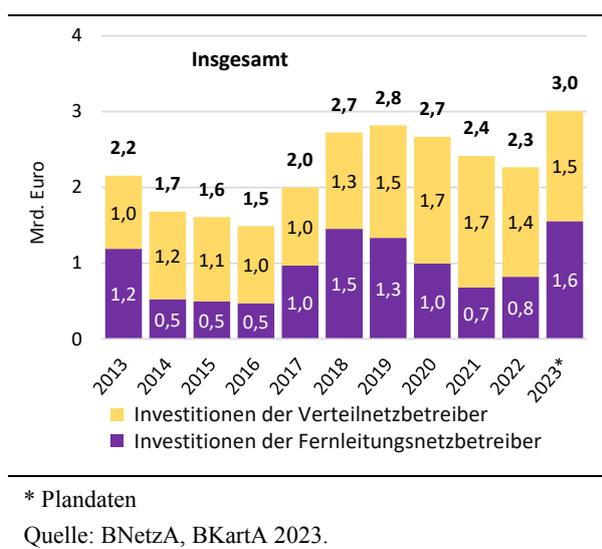
Die Einbindung von Flüssigerdgas und der Ausbau von Wasserstoff erfordert eine Anpassung der bestehenden Gasnetze. Diese Entwicklungen werden im Netzentwicklungsplan (NEP) Gas 2022-2032 abgebildet, der am 20. März 2024 von den FNP veröffentlicht wurde (FNP 2024).

Die Länge des hessischen Gasverteilernetzes betrug zum 31. Dezember 2022 insgesamt 28.285 Kilometer.²¹ Differenziert nach Druckstufen entfielen 5.544 Kilometer auf Hochdruckleitungen, über die die Verteilung des Erdgases mit einem Gasdruck über 1 Bar in regionale Verteilungsnetze erfolgt. 7.181 Kilometer entfielen auf örtliche Mitteldruckleitungen mit unter 1 Bar und 10.561 Kilometer auf Niederdruckleitungen für Hausanschlüsse mit einem Druck von unter 100 Millibar. Die Länge der Hausanschlussleitungen, die von einigen Netzbetreibern zur Gasnetzlänge hinzugezählt werden, lag auf der Hochdruckebene bei 199 Kilometern, auf der Mitteldruckebene bei 2.717 Kilometern und auf der Niederdruckebene bei 6.131 Kilometern. Über alle Druckebenen hinweg gab es hessenweit insgesamt 794.961 Ausspeisepunkte (LDEW 2024).

Investitionen in Gasnetze

Die Einbindung von Flüssigerdgas (Liquefied Natural Gas (LNG)) und der Umstieg von Erdgas auf grüne und klimaneutrale Gase wie Wasserstoff erfordern eine Anpassung der bestehenden Gasnetze.

Abbildung 48: Investitionen in die Gasnetze in Deutschland 2013-2023 (in Mrd. Euro)



Im Jahr 2022 wurden von den 16 deutschen FNB insgesamt 0,8 Mrd. Euro für Investitionen in die Netzinfrastruktur aufgebracht. Für das Jahr 2023 wird nahezu eine Verdopplung der Investitionen erwartet, der Planwert liegt bei 1,6 Mrd. Euro (siehe Abbildung 48). Die VNB meldeten für das Jahr 2022 ein Investitionsvolumen in Höhe von 1,4 Mrd. Euro. Der Planwert für 2023 liegt mit 1,5 Mrd. Euro leicht höher.

Füllstand der Erdgasspeicher

Zum Ausgleich von Verbrauchsspitzen (im Tagesverlauf oder saisonal) und der Gewährleistung der Versorgungssicherheit dienen Untertage-Erdgasspeicher, die für die Lagerung von Erdgas genutzt werden. Sie sind von erheblicher Bedeutung, um eine stabile Energieversorgung insbesondere in den Wintermonaten zu sichern. Es werden zwei Speichertypen unterschieden:

- Porenspeicher: insbesondere in Sandsteinformationen ehemaliger Erdöl- bzw. Erdgaslagerstätten. 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.
- Kavernenspeicher (Salzkavernenspeicher): Der Ausgleich tageszeitlicher Schwankungen erfolgt durch Kavernenspeicher, die in ihrer Ein- und Ausspeicherleistungsfähiger sind.

Die vorhandenen Gasspeicher sind ausreichend dimensioniert, um die Versorgung auch während Phasen großer Kälte oder bei Lieferausfällen zu gewährleisten. So betrug das in den Untergrundspeichern maximal nutzbare Arbeitsgasvolumen zum 31. Dezember 2022 insgesamt 286 TWh (BNetzA, BKartA 2023).

Bundesweit gibt es 273 Kavernenspeicher mit einem Arbeitsgasvolumen von 14,8 Mrd. Kubikmeter, wobei drei Kavernenspeicher im hessischen Reckrod mit einem Arbeitsgasvolumen von insgesamt 110 Mio. Kubikmeter liegen. Von den 15 Porenspeichern in Deutschland mit einem Arbeitsgasvolumen von 8,5 Mrd. Kubikmeter liegen drei Porenspeicher in Hessen mit einem Arbeitsgasvolumen von insgesamt 205 Mio. Kubikmeter. Dabei befindet sich ein Porenspeicher am Standort Hähnlein mit einem Arbeitsgasvolumen in Höhe von 80 Mio. Kubikmeter und zwei Porenspeicher in Stockstadt, die zusammen ein Arbeitsgasvolumen von 135 Mio. Kubikmeter haben (LBEG 2022).

²¹ Aufgrund einer genaueren Abgrenzung der Netze nach Bundesländern ist die Zahl nicht mit den Vorjahren vergleichbar.

Zur Gewährung der Versorgungssicherheit bei Mangelagen ist ein adäquater Füllstand der Erdgasspeicher notwendig. Mit den gesetzlichen Vorgaben für Füllstände stellt die Bundesregierung sicher, dass diese zu Beginn des Winters ausreichend befüllt sind, und zwar zum 1. Oktober zu 85 Prozent, zum 1. November zu 95 Prozent und am 1. Februar noch 40 Prozent (Bundesregierung 2023b, BMWK 2024c). Gemäß den Lageberichten der Bundesnetzagentur lag der Speicherfüllstand am 1. Februar 2024 bei 72 Prozent, d. h. der Zielwert von 40 Prozent wurde erreicht. Der Zielwert von 85 Prozent zum 1. Oktober war bereits im Juli erreicht (BNetzA 2024q).

Zum 1. Oktober 2024 lag der Füllstand der Erdgasspeicher in Deutschland bei 96,1 Prozent. Der Füllstand der Speicher in Stockstadt und Hähnlein lag zu diesem Zeitpunkt bei 94,0 Prozent und des Gasspeichers in Reckrod bei 99,5 Prozent (Gas Infrastructure Europe – Aggregated Gas Storage Inventory 2024).

Versorgungsunterbrechungen im Gasnetz

Die BNetzA berichtet regelmäßig über Versorgungsunterbrechungen im Gasnetz. Der SAIDI-Wert – SAIDI steht für System Average Interruption Duration Index – in Hessen lag im Jahr 2023 bei 1,91 Minuten und damit über dem Bundesdurchschnitt von 1,26 Minuten. Wie bereits im letzten Jahr hat sich der SAIDI-Wert im Vergleich zum Vorjahr erhöht (2022: 1,35 Minuten). In die Berechnung des SAIDI-Werts fließen nur ungeplante Unterbrechungen ein, die auf Einwirkungen durch Dritte, Störungen im Bereich des Netzbetreibers, Rückwirkungen aus anderen Netzen oder sonstige Störungen zurückzuführen sind.

In Abbildung 49 sind die SAIDI-Gas-Werte für die Bundesländer im Jahr 2023 dargestellt. Den mit Abstand höchsten Wert wies Schleswig-Holstein mit 6,68 Minuten auf. Ebenfalls weit überdurchschnittlich lange Versorgungsunterbrechungen wurden für Baden-Württemberg mit 4,45 Minuten gemeldet. An dritter Position der Bundesländer mit den höchsten SAIDI-Werten liegt bereits Hessen mit 1,91 Minuten. Ebenfalls einen SAIDI-Wert über einer Minute hatten die Bundesländer Brandenburg (1,77 Minuten), Nordrhein-Westfalen (1,27 Minuten), Thüringen (1,24 Minuten) und Niedersachsen (1,14 Minuten). Nordrhein-Westfalen, Thüringen und Schleswig-Holstein zählten auch im Vorjahr zu den Bundesländern mit den höchsten SAIDI-Werten. Werte unter einer halben Minute und damit die geringsten SAIDI-Werte im Jahr 2023 wurden für die Stadtstaaten Berlin (0,17 Minuten) und Bremen (0,21 Minuten) sowie für die Bundesländer Saarland (0,24 Minuten), Rheinland-Pfalz (0,28 Minuten) und Mecklenburg-Vorpommern (0,39 Minuten) gemessen. Bei der Betrachtung auf Bundesländerebene ist zu berücksichtigen, dass die von den Gasnetzbetreibern 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 49: SAIDI-Werte Gas in den Bundesländern 2023 (in min/Jahr)

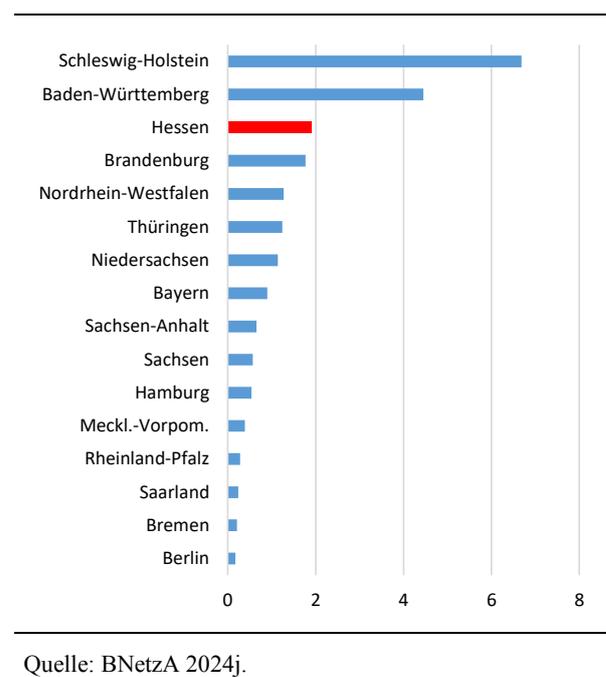
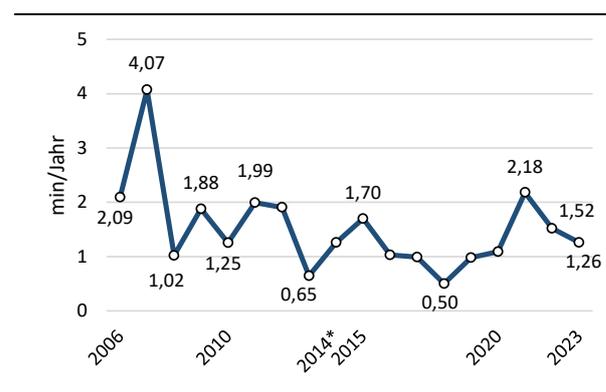


Abbildung 50: Entwicklung des SAIDI-Wertes für die deutschen Gasnetze 2006-2023 (in min/Jahr)



* 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 2024j.

Die langjährige Entwicklung des SAIDI-Wertes für die Gasversorgung in Deutschland im Zeitraum von 2006 bis

2023 ist in Abbildung 50 dargestellt. Abgesehen von dem Ausreißerjahr 2007 bewegt sich die Dauer der Versorgungsunterbrechungen in einer Spanne von 0,5 Minuten bis 2,18 Minuten.

Beurteilung der Gasversorgung durch die BNetzA

Die BNetzA stellt wichtige Daten zu Lastflüssen, Speicherfüllständen, Gasverbrauch und Preisentwicklung auf ihrer Webseite dar. Zudem veröffentlicht sie eine Einschätzung zur Gasversorgung in einem Lagebericht, der täglich aktualisiert wird. Gemäß aktuellem Lagebericht von 14. Oktober 2024 schätzt die BNetzA die Gasversorgung in Deutschland als stabil ein, die Versorgungssicherheit sei gewährleistet. Die Gefahr einer angespannten Gasversorgung wird als gering gesehen. Gleichwohl bleibe ein sparsamer Gasverbrauch wichtig (BNetzA 2024c).

7.3 Wasserstoffnetz

Wasserstoff spielt bei der Abkehr von fossilen Energieträgern zur Umsetzung der Energiewende eine bedeutende Rolle. Aus erneuerbaren Energien erzeugter Wasserstoff trägt zu einer sicheren Energieversorgung bei, da Wasserstoff flexibel einsetzbar ist sowie einfach gespeichert und transportiert werden kann. Überschüssiger aus erneuerbaren Energien erzeugter Strom kann in Form von Wasserstoff gespeichert und in Zeiten einer geringen Einspeisung erneuerbarer Energien zur Stromversorgung genutzt werden. Wasserstoff soll vor allem dort eingesetzt werden, wo die direkte Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien nicht ausreichend oder nicht möglich ist, beispielsweise in der energieintensiven Industrie als Ersatz für fossiles Erdgas, energetisch oder stofflich für Produktionsprozesse oder im Flugverkehr als Ersatz für Kerosin.

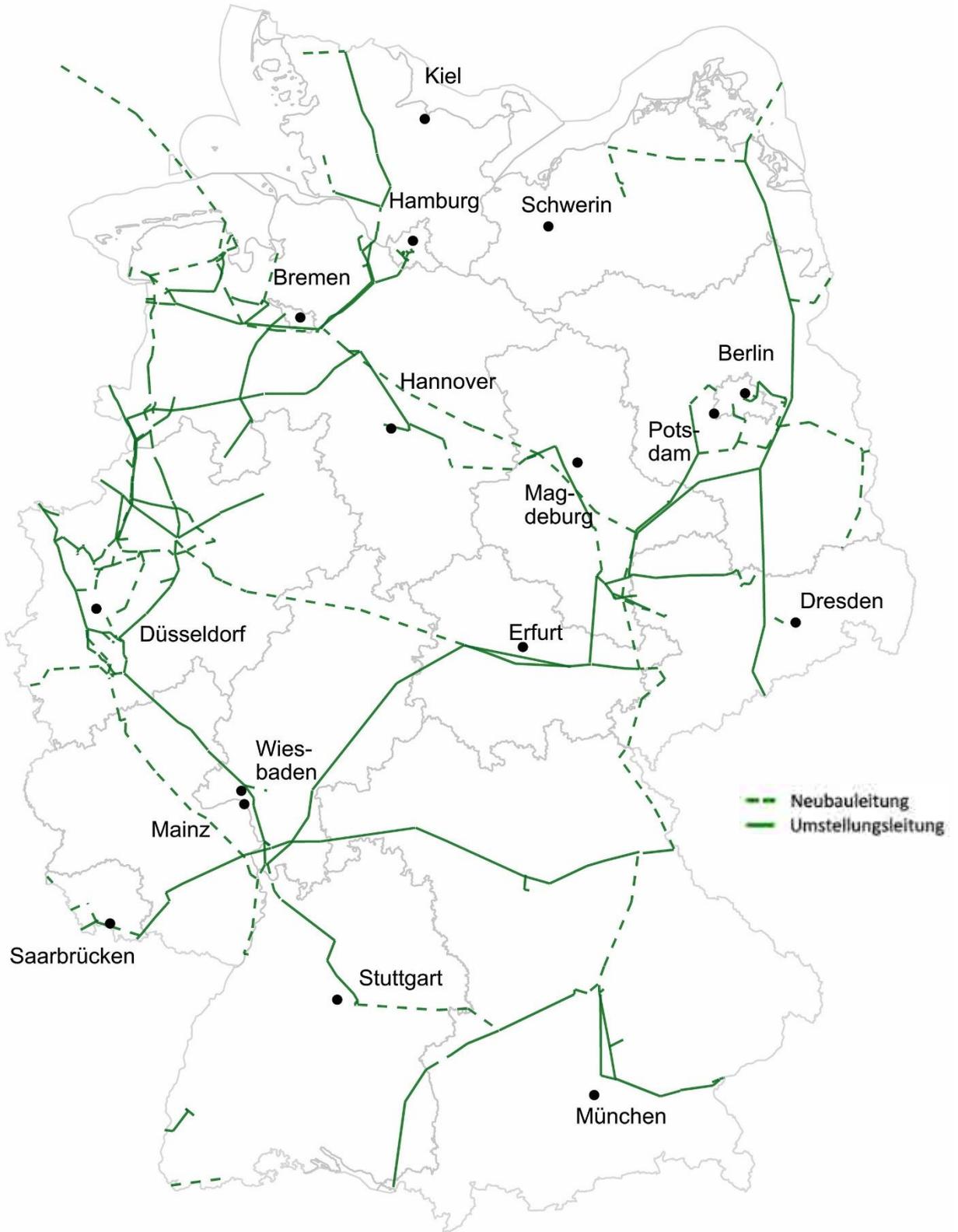
Zum Transport von Wasserstoff dorthin, wo der Bedarf besteht, ist der Aufbau entsprechender Netze notwendig. Das Wasserstoff-Kernnetz bildet als erste Stufe das Grundgerüst, um deutschlandweit wesentliche Wasserstoffstandorte bis zum Jahr 2032 miteinander zu verbinden. Dazu zählen Elektrolyseure, Importpunkte, große Verbrauchsstandorte, Industriezentren und Kraftwerke sowie große unterirdische Speicher. Damit soll der überregionale Wasserstofftransport vom Ausland nach Deutschland und innerhalb Deutschlands von den Erzeugern zu den Verbrauchsregionen ermöglicht werden. In der zweiten Stufe soll künftig alle zwei Jahre ein Netzentwicklungsplan erstellt werden. Ein integrierter Netzentwicklungsplan für Gas und Wasserstoff soll erstmals im Jahr 2026 von der Bundesnetzagentur genehmigt werden (BMWK 2024h, 2023).

Die Bundesnetzagentur hat das von den Fernleitungsnetzbetreibern vorgeschlagene Wasserstoff-Kernnetz im Oktober 2024 genehmigt. Insgesamt enthält das Netz 9.040 Kilometer an Leitungen, welche sukzessiv bis 2032 in Betrieb gehen sollen (siehe Abbildung 51). Es soll zu rund 60 Prozent aus Pipelines, die derzeit noch für den Transport von Erdgas genutzt werden (so genannte Umstellungsleitungen) und zu rund 40 Prozent aus Neubauleitungen bestehen (BNetzA 2024r).

Hessen wird von fünf Leitungsneubaumaßnahmen tangiert (BNetzA 2024r):

- Flow Lampertheim – Ludwigshafen: Die Maßnahme dient der Versorgung von chemischer Großindustrie, Raffinerien und KWK-Anlagen (Leitungslänge 10 km).
- H2ercules Gernsheim: Diese Maßnahme verbindet zwei H2-Haupttransportachsen zum Abtransport großer Einspeisemengen aus Nordwesten und deren Verbindung mit Ausspeiseschwerpunkten in den Bereichen KWK, Eisen & Stahl, Chemie, Raffinerie, Glas inkl. Glasfaser, Keramik und Ziegelprodukte (Leitungslänge 4 km).
- Wiesbaden – Frankfurt: Diese Maßnahme verbindet H2-Haupttransportachsen mit Ausspeiseschwerpunkten in den Bereichen KWK und Chemie (Leitungslänge 15 km).
- Delta-Rhine-Corridor: Diese Maßnahme verläuft von Glehn nach Ludwigshafen und bildet eine H2-Haupttransportachse zum Abtransport großer Einspeisemengen aus Nordwesten und deren Verbindung mit Ausspeiseschwerpunkten in den Bereichen KWK, Eisen & Stahl, Chemie, Raffinerie, Glas inkl. Glasfaser, Keramik und Ziegelprodukte (Leitungslänge 286 km).
- Werne – Eisenach: Die Maßnahme, die für eine Anbindung Nordhessens an das Wasserstoff-Kernnetz sorgen soll, dient der Einbindung von KWK-Anlagen, der Dekarbonisierung folgender Industrien: Eisen & Stahl, Chemie, Raffinerie, Glas inkl. Glasfaser, Keramik und Ziegelprodukte; verbessert die Importmöglichkeiten für Wasserstoff und dient der Einbindung von Power-to-Gas-Anlagen (Leitungslänge 252 km).

Abbildung 51: Wasserstoff-Kernnetz



Quelle: BNetzA 2024r.

7.4 Fernwärme und Wärmenetz

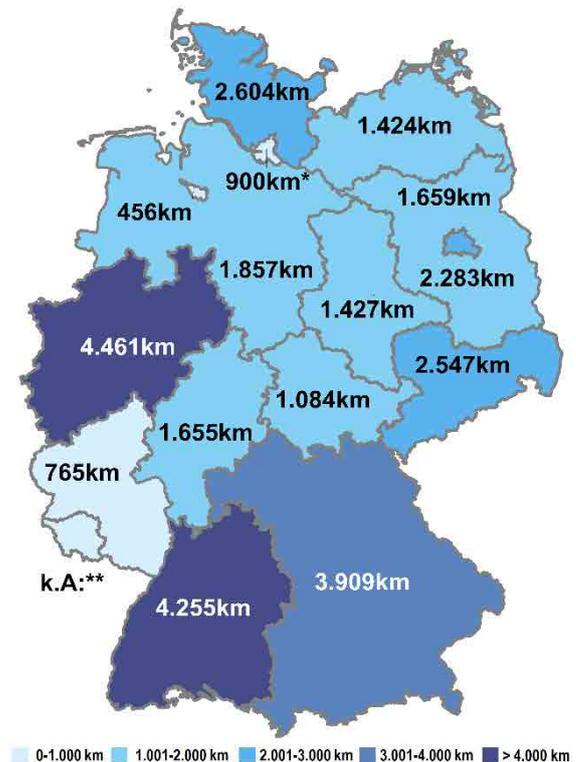
Ein wichtiger Baustein zum Erreichen der Klimaschutzziele ist die Nutzung von Fernwärme aus erneuerbaren Energien zum Heizen von Gebäuden. Für das Gelingen der Wärmewende ist der Aus- und Umbau der Wärmenetze auf Wärme aus erneuerbaren Energien daher von hoher Bedeutung. Wärmenetze ermöglichen eine effiziente Verteilung von Wärme, die in größeren Anlagen zentral erzeugt wird, an den Endverbraucher. Wärmenetze können insbesondere in dicht besiedelten Gebieten eine wichtige Rolle bei der Dekarbonisierung der Gebäudewärme spielen. Daher soll deren Ausbau beschleunigt und auf erneuerbare Energien umgestellt werden. In dem am 1. Januar 2024 in Kraft getretenen Wärmeplanungsgesetz wurde festgeschrieben, dass bis 2045 alle Wärmenetze vollständig klimaneutral sind. Gleichzeitig wurde der Rahmen für die schrittweise Dekarbonisierung festgelegt. So muss seit dem 1. Januar 2024 in jedes neue Wärmenetz mindestens 65 Prozent erneuerbare Wärme eingeleitet werden. Bis zum Jahr 2040 sollen die Wärmenetze zu 80 Prozent mit Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme gespeist werden (BMWK 2024f). Im Jahr 2021 lag der Anteil der erneuerbaren Energien in der Fernwärme bei 30 Prozent (AGFW 2023).

Die Trassenlänge der Wärmenetze ist bundesweit von 31.252 Kilometern im Jahr 2020 auf 34.160 Kilometer im Jahr 2021 gestiegen. Davon entfallen 92 Prozent auf Wassernetze und acht Prozent auf Dampfnetze. In Abbildung 52 ist die Wärmenetzlänge nach Bundesländern kartografisch dargestellt. In Hessen betrug die Wärmenetzlänge 1.655 Kilometer (+49 km ggü. 2020) (AGFW 2023).

Bezogen auf die Bevölkerung entspricht die Netzlänge in Hessen 0,26 Metern je Einwohner. Damit liegt sie in ähnlicher Höhe wie in Bayern (0,29 m/Einwohner). Die mit Abstand höchsten Werte erreichen Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern mit nahezu 0,9 Metern je Einwohner. Ebenfalls hohe Werte mit über 0,6 Metern je Einwohner weisen Berlin, Brandenburg, Bremen, Sachsen und Sachsen-Anhalt auf. Bundesweit die geringste Dichte hat Rheinland-Pfalz mit 0,18 m je Einwohner (AGFW 2023).

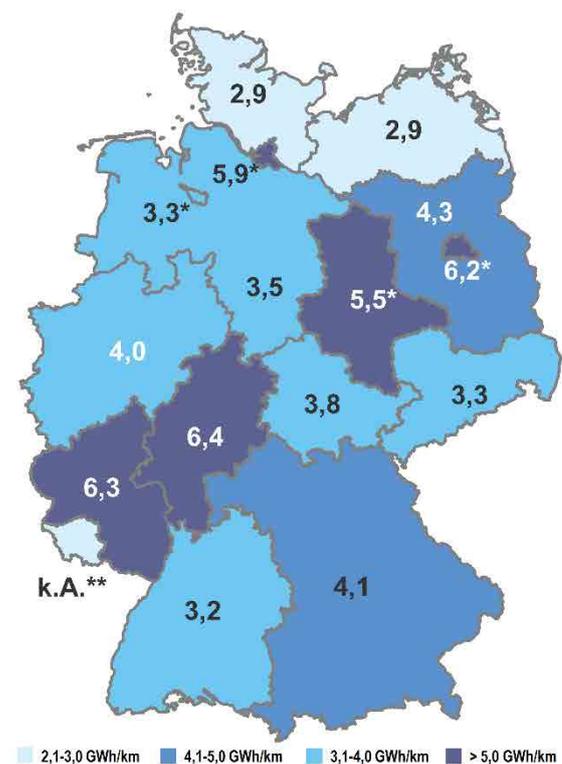
Die mittlere Wärmelinienichte der Bestandsnetze (siehe Abbildung 53) beträgt in Hessen 6,4 GWh/km, was bundesweit den höchsten Wert darstellt, dicht gefolgt von Rheinland-Pfalz (6,3 GWh/km). Bei diesem Indikator wird die Netzlänge ins Verhältnis zur erzeugten Wärmemenge gesetzt. Je höher der Wert ist, umso mehr Wärme wird je Netzkilometer abgesetzt und umso rentabler ist das Netz (AGFW 2023).

Abbildung 52: Wärmenetzlänge in den Bundesländern im Jahr 2022



Quelle: AGFW 2023.

Abbildung 53: Mittlere Wärmelinienichte in den Bundesländern im Jahr 2022



Quelle: AGFW 2023.

Anschluss des Hessischen Landtags an die städtische Fernwärmeversorgung

Die Liegenschaft des Hessischen Landtags wurde 2022 an die städtische Fernwärmeversorgung angeschlossen. Zusätzlich erfolgte eine Anpassung bzw. Optimierung der Steuerungs- und Gebäudeleittechnik. Da auch die bestehende Küchentechnik in diesem Zuge auf strombasierte Geräte umgestellt wurde, konnte auf die Gasversorgung vollständig verzichtet werden.

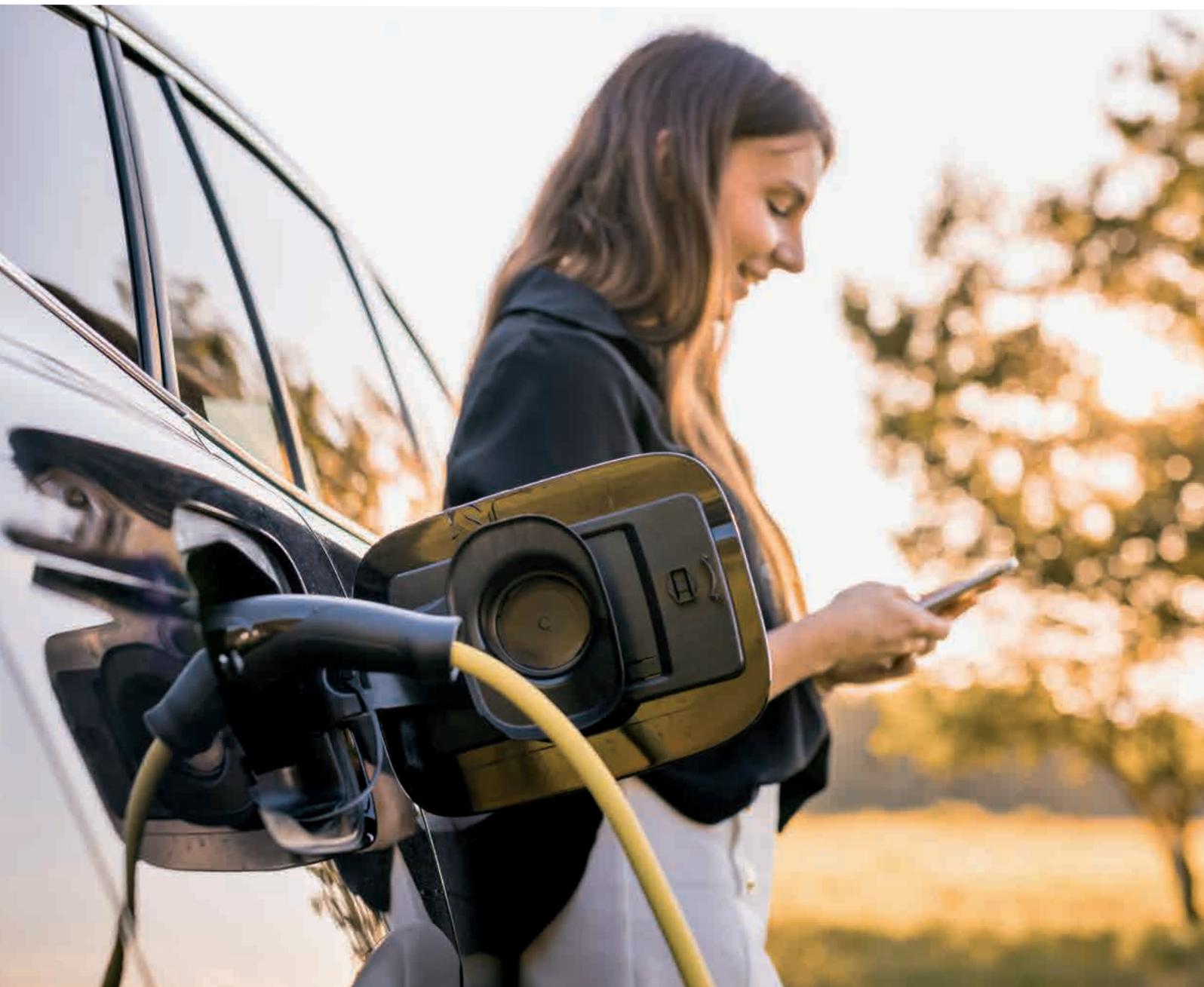
Der Rückbau der Gasinfrastruktur ermöglichte die Nutzung des bisherigen Gasanschlussraums als Fernwärmeanschlussraum.

Zusätzlich wurde ein externer Wärmeversorgungsanschluss für Havariezwecke installiert. Dieser konnte – vorgezogen ausgeführt – die unterbrechungsfreie Wärmeversorgung während der Umbauphase sicherstellen.

Die Kosten der Maßnahme belaufen sich auf 1.130.000 Euro, die berechnete Einsparung von CO₂-Emissionen liegt bei 431,40 t/a.



Verkehr und Elektromobilität



8 Verkehr und Elektromobilität

Nach den bisher vorliegenden Zahlen expandierte die Weltwirtschaft gemessen an der Veränderung des realen Bruttoinlandsprodukts im Jahr 2023 um 2,7 Prozent. Dabei hat sich der Welthandel spürbar rückläufig entwickelt und ist real um 1,9 Prozent gegenüber dem Vorjahr gesunken. In erheblichem Maße dürften dazu der Russland-Ukraine-Krieg und die dadurch entstandenen Unsicherheiten beigetragen haben. In Deutschland und Hessen hat der Außenhandel ebenfalls deutlich an Dynamik verloren. Besonders negativ betroffen war davon der Warenverkehr.

Damit ist die infolge der weltweiten Lockerung der Infektionsschutzmaßnahmen im Jahr 2022 erfolgte Wiederbelebung des Wirtschaftsverkehrs zu großen Teilen wieder zum Erliegen gekommen. Der Frachtverkehr am Frankfurter Flughafen verzeichnete beispielsweise im Jahr 2023 einen Rückgang von 3,9 Prozent gegenüber dem Vorjahr (Fraport 2024). Im Reiseverkehr setzte sich demgegenüber die Aufwärtsentwicklung aus 2022 weiter fort und erreichte 2023 am Frankfurter Flughafen mit knapp 59,4 Mio. Passagieren ein Plus von 21,3 Prozent. Das Vor-Corona-Niveau des Jahres 2019 wurde allerdings noch um 15,9 Prozent verfehlt. Insgesamt erhöhte sich die Zahl der Flugbewegungen um 12,6 Prozent auf 430.436 Flüge im Jahr 2023 (Fraport 2024).

8.1 Endenergieverbrauch im Verkehrssektor

Die gegenläufigen Effekte eines rückläufigen Welthandels und damit einhergehend eines sinkenden Gütertransports sowie einer anhaltenden Belebung des Reiseverkehrs haben zusammengenommen den Energieverbrauch des Verkehrssektors insgesamt nur wenig ansteigen lassen. So schätzt das IE-Leipzig für das Jahr 2023 einen Endenergieverbrauch (EEV) des Verkehrssektors in Höhe von 338,1 PJ. Dies bedeutet nur eine geringe Zunahme um 4,9 PJ bzw. 1,5 Prozent gegenüber dem Vorjahr (siehe Abbildung 54).²² Leicht erhöht hat sich dabei der Treibstoffverbrauch im Luftverkehr um schätzungsweise 6,6 PJ bzw. 4,3 Prozent. Der Energieverbrauch des Schienenverkehrs und der Binnenschifffahrt blieben nahezu unverändert auf dem Vorjahresniveau. Leicht

rückläufig war hingegen der Energieverbrauch des Straßenverkehrs (-1,9 PJ bzw. -1,1 %).

Durch diese unterschiedlichen Verbrauchsentwicklungen innerhalb des Verkehrssektors sank der Anteilswert des Straßenverkehrs von 52,0 Prozent im Jahr 2022 auf 50,7 Prozent im Jahr 2023. Der Anteilswert des Luftverkehrs erhöhte sich hingegen auf 47,6 Prozent (2022: 46,3 %), blieb damit aber immer noch unter dem bisherigen Höchstwert des Jahres 2019 von 50,7 Prozent. Die Anteile des Schienenverkehrs und der Binnenschifffahrt fallen demgegenüber mit 1,4 Prozent bzw. 0,2 Prozent sehr gering aus.

Zu beachten ist, dass der weitaus größte Teil des am Flughafen Frankfurt getankten Kerosins für den internationalen Luftverkehr außerhalb der hessischen Landesgrenzen eingesetzt wird. Die Erfassung des gesamten Verbrauchs erfolgt gemäß dem Standortprinzip, das für die Erstellung der Energiebilanzen der Bundesländer und des Bundes angewendet wird, im EEV von Hessen.²³

In längerfristiger Betrachtung hat der Endenergieverbrauch des Verkehrssektors von 2011 bis 2016 kontinuierlich zugenommen und bewegte sich anschließend bis 2019 in etwa um das Niveau von 395 PJ. Im Jahr 2020 war er durch die Auswirkungen der Corona-Pandemie insbesondere auf den Luftverkehr massiv eingebrochen. Im Jahr 2021 setzte bereits eine Wiederbelebung ein, die 2022 deutlich an Dynamik gewinnen konnte, sich 2023 aber durch den erneuten Einbruch des Warenverkehrs wieder verlangsamte.

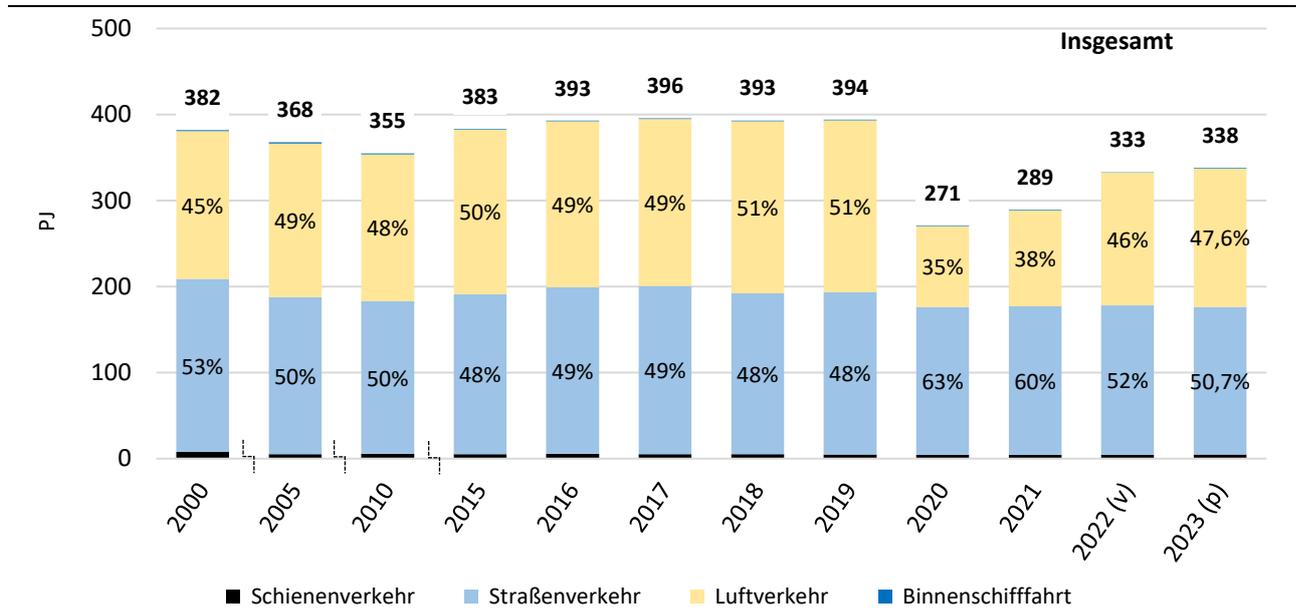
Im Jahr 2023 wurden insgesamt 5,4 PJ an Strom für Mobilitätswert verbraucht, was einer Steigerung von 0,5 PJ bzw. 10,5 Prozent gegenüber dem Vorjahr entspricht (siehe Abbildung 55).²⁴ Dabei wurden im Schienenverkehr gut 4,1 PJ an Strom verbraucht, 0,1 PJ bzw. 2,1 Prozent mehr als im Vorjahr. Im Straßenverkehr stieg der Stromverbrauch um 0,4 PJ (+52,1 %) auf gut 1,2 PJ an. Trotz dieser dynamischen Entwicklung des Stromverbrauchs im Straßenverkehr spielt Strom mit einem Anteil von 1,6 Prozent am Gesamtenergieverbrauch im Verkehrssektor jedoch nach wie vor eine geringe Rolle.

22 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.

23 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).

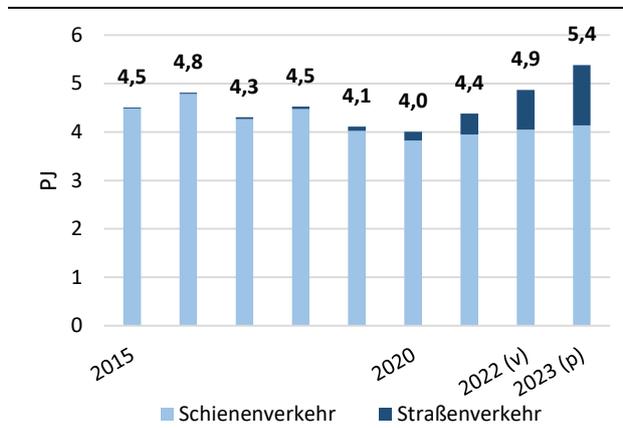
24 Daten zur Zusammensetzung des Stromverbrauchs im Verkehrssektor aus erneuerbarer bzw. konventioneller Stromerzeugung liegen nicht vor.

Abbildung 54: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Verkehrsträgern 2000-2023
(in PJ, Anteilswerte in %)



Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

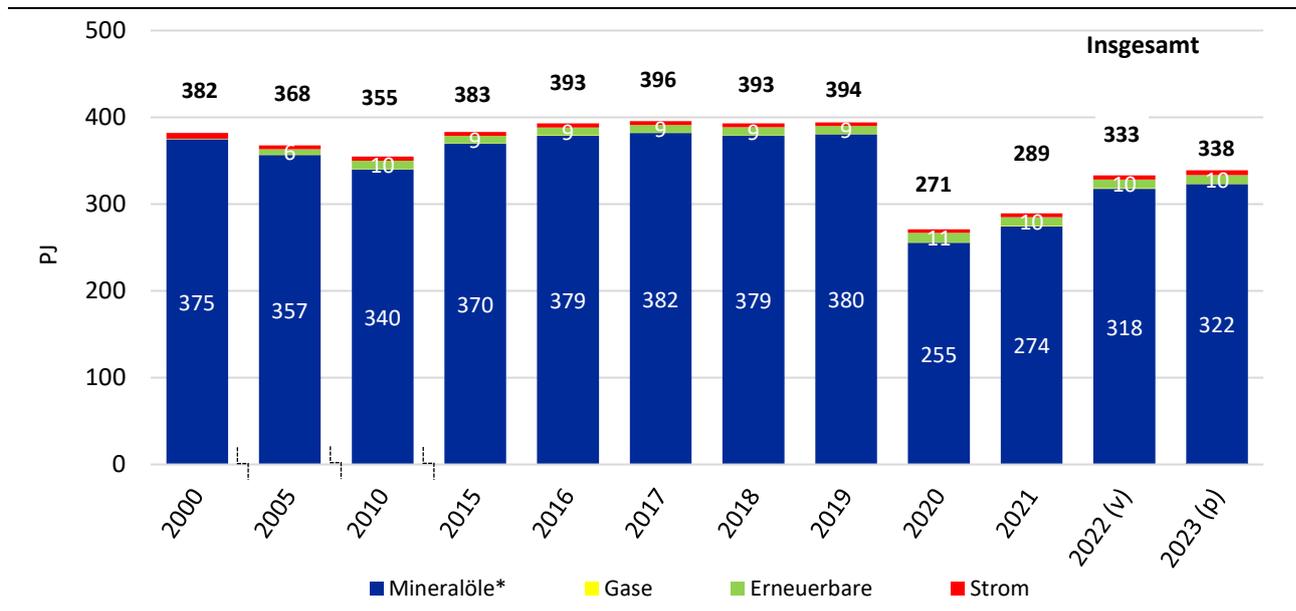
Abbildung 55: Stromverbrauch für Mobilität 2015-2023 (Angaben in PJ)



Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024, Berechnungen der Hessen Agentur; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

In Abbildung 56 ist die Entwicklung des EEV im Verkehrssektor differenziert nach Energieträgern dargestellt. Die in Hessen hohe Bedeutung des Luft- und Straßenverkehrs spiegelt sich hier wider. Der Mineralölverbrauch ist 2023 um insgesamt 4,3 PJ bzw. 1,4 Prozent angestiegen, womit 95,3 Prozent des gesamten EEV des Verkehrssektors auf Mineralölprodukte entfallen. Der Anteil von Strom erhöhte sich leicht auf 1,6 Prozent (2022: 1,5 %). Die Verbräuche von erneuerbaren Biokraftstoffen sowie von Gasen blieben nahezu unverändert auf dem Vorjahresniveau bei 3,0 Prozent bzw. bei 0,2 Prozent.

Abbildung 56: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Energieträgern 2000-2023
(in PJ)



* einschl. Flüssiggas

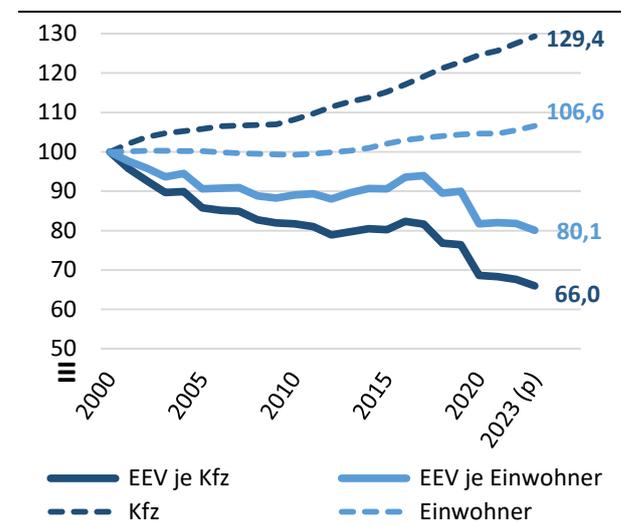
Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

Spezifischer Endenergieverbrauch im Straßenverkehr

In Abbildung 57 wird die Entwicklung der Anzahl der Kraftfahrzeuge und der Einwohner sowie der spezifische EEV des Straßenverkehrs, bezogen zum einen auf die Einwohnerzahl und zum anderen auf den Kraftfahrzeugbestand, aufgezeigt.²⁵ 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 6,6 Prozent gestiegen ist und sich die Zahl der Kraftfahrzeuge im gleichen Zeitraum um 29,4 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.

Abbildung 57: Spezifischer Endenergieverbrauch im Verkehrssektor 2000-2023, Anzahl der Kraftfahrzeuge und der Einwohner (Index 2000 = 100)



Quelle: HSL 2024a, IE-Leipzig 2024, Berechnungen der Hessen Agentur; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

²⁵ Auf 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, Kraftmädrer, Kraftomnibusse, Lastkraftwagen, Zugmaschinen und sonstige Kraftfahrzeuge) und die Einwohnerzahl zurückgegriffen, wodurch die Aussagekraft eingeschränkt ist. Insbesondere können die Zulassungszahlen durch Firmenflotten und Autovermietungen überzeichnet sein.

2017 setzte abermals eine rückläufige Entwicklung ein, die sich im Jahr 2020 infolge der Corona-Pandemie rasant beschleunigte. In den Jahren 2021 und 2022 blieben beide Indikatoren nahezu unverändert auf diesem Niveau, 2023 ging der Indexwert wieder leicht zurück. Insgesamt verringerte sich der Energieverbrauch des Straßenverkehrs von 33,2 Gigajoule (GJ) je Einwohner im Jahr 2000 auf 26,8 GJ je Einwohner im Jahr 2023, was einem Rückgang von 19,9 Prozent entspricht. Der Kfz-spezifische Energieverbrauch war mit einem Rückgang von knapp 55,7 GJ je Kfz im Jahr 2000 auf 36,7 GJ je Kfz deutlich stärker rückläufig (-34,0 %).

Fahrleistung mautpflichtiger Lkw auf hessischen Autobahnen im Jahr 2023

Für das Transitland Hessen ist neben dem Luftverkehr auch der Straßengüterverkehr von großer Bedeutung. Da 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.²⁶ Diese Daten liegen im monatlichen Turnus für Lastkraftwagen (Lkw) für jeden mautpflichtigen Straßenabschnitt vor.

In Tabelle 17 sind die Fahrleistungen für alle Autobahnen in Hessen im Jahr 2023 zusammengestellt. Insgesamt erstreckt sich das Autobahnnetz in Hessen auf gut 1.000 Kilometer Gesamtlänge. Dies entspricht 7,7 Prozent der gesamten Autobahnstrecken in Deutschland, die sich auf knapp 13.300 Kilometer addieren.

Tabelle 17: Fahrleistungen mautpflichtiger Lkw auf hessischen Autobahnen 2023

Autobahn	Länge der Autobahn in km in Hessen	Fahrleistung in 1.000 km	Fahrleistung je Autobahnkilometer
A3	106	576.259	5.428.723
A4	51	157.528	3.107.057
A5	181	698.882	3.869.780
A6	11	34.036	3.052.539
A7	125	565.282	4.652.815
A44	66	220.698	3.369.443
A45	121	261.250	2.151.091
A49	56	57.468	1.020.752
A60	11	34.694	3.242.401
A66	127	150.288	1.185.237
A67	58	173.947	2.983.654
A480	20	18.841	923.597
A485	18	25.383	1.379.535
A643	3	1.527	535.884
A648	5	1.614	343.362
A659	5	3.624	732.087
A661	39	35.252	901.578
A671	11	10.416	929.986
A672	2	711	355.280
Hessen insgesamt	1.017	3.027.700	Ø: 2.978.114
Deutschland insgesamt	13.259	35.188.212	Ø: 2.654.002
Hessen in Bezug auf Deutschland	7,7%	8,6%	112,2%

Quelle: BAG 2024, BASt 2024, Auswertung der Hessen Agentur.

²⁶ 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.

Im Jahr 2023 wurde von mautpflichtigen Lkw in Hessen eine Fahrleistung von insgesamt gut 3 Mrd. Kilometern zurückgelegt. Das ist eine Abnahme gegenüber dem Vorjahr von ca. 15 Mio. Kilometern bzw. 1,1 Prozent.

Die deutschlandweit auf Autobahnen insgesamt zurückgelegte Fahrleistung beziffert sich auf 35,2 Mrd. Kilometer, ein Anstieg von 266,6 Mio. Kilometer (+0,8 %) im Vergleich zum Vorjahr. Der Anteil der Fahrleistungen von Lkw in Hessen an Deutschland sank weiter leicht auf 8,6 Prozent (2022: 8,7 %), nachdem dieser 2019 noch bei 9,1 Prozent gelegen hatte.

Je Autobahnkilometer errechnen sich im Jahr 2023 für Hessen knapp 3,0 Mio. und für Deutschland knapp 2,7 Mio. erfasste Lkw-Bewegungen. Dies entspricht einer relativen Abnahme gegenüber dem Vorjahr von 1,1 Prozent in Hessen und einer geringen Zunahme von 0,2 Prozent in Deutschland. Damit reduzierte sich die spezifische Belastung je Autobahnkilometer auf 112,2 (113,7 im Vorjahr), d. h. jeder Autobahnkilometer in Hessen wird im Schnitt um 12,2 Prozent mehr frequentiert als dies im Bundesdurchschnitt der Fall ist.

Mit insgesamt 181 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 699 Mio. gefahrenen Kilometern größte Fahrleistung von mautpflichtigen Lkw wurde im Jahr 2023 auf der A5 zurückgelegt, gefolgt von der A3 mit 576 Mio. Kilometern und der A7 mit 565 Mio. Kilometern. In der letzten

Spalte von Tabelle 17 wurde eine Gewichtung der Fahrleistungen mit der Länge der Autobahn vorgenommen. Dabei zeigt sich, dass die A3 auch im Jahr 2023 das mit Abstand höchste Lkw-Aufkommen mit gut 5,4 Mio. Lkw-Bewegungen je Autobahnkilometer hatte. Es folgen die A7 mit 4,7 Mio. und die A5 mit 3,9 Mio. Lkw-Bewegungen je Autobahnkilometer.

Die niedrigsten Lkw-Belastungen auf Autobahnen in Hessen haben die A648 und A672 mit 343.362 bzw. 355.280 Lkw-Bewegungen je Autobahnkilometer. Beide Autobahnen haben vor allem Zubringer- und Verbindungsfunktionen. Die A672 ist mit zwei Kilometern Gesamtlänge zudem die kürzeste Autobahn Deutschlands.

Tabelle 18 zeigt die im Jahr 2023 von mautpflichtigen Lkw insgesamt auf hessischen Autobahnen zurückgelegte Fahrleistung von gut 3 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 95 %) und B (S5 mit 3,5 % und EEV1 mit 0,8 %) umfassen. Im Vergleich zum Vorjahr ist abermals der Anteilswert der höchsten Kategorie S6 von 93 auf 95 Prozent angestiegen.

Mit Blick auf die Größenstruktur entfallen auf große Lkw mit fünf und mehr Achsen fast 84 Prozent der gesamten in Hessen erfassten Fahrleistung. Insgesamt sind bei allen Größenklassen nur geringe Veränderungen im Vorjahresvergleich feststellbar.

Tabelle 18: Fahrleistungen mautpflichtiger Lkw nach Schadstoffklasse und Achsklasse 2023 (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	257	82	133	144	616
E	S2	426	182	155	141	903
D	S3 oder S2 kombiniert mit PMK1/2/3/4*	2.681	894	1.245	2.513	7.333
C	S4 oder S3 kombiniert mit PMK2/3/4*	5.404	1.993	2.099	4.094	13.591
B	S5	23.513	12.506	12.375	59.050	107.445
B	EEV1**	2.679	2.188	1.428	16.795	23.090
A	S6	166.218	116.040	141.365	2.457.454	2.881.078
	Gesamt	201.178	133.886	158.801	2.540.190	3.034.055
	Anteil	6,6%	4,4%	5,2%	83,7%	100,0%

* PMK: Partikelminderungsklassen

** EEV1: Enhanced Environmentally Friendly Vehicle

Quelle: BAG 2024, BASt 2024, Auswertung der Hessen Agentur.

8.2 Elektromobilität

Nach ersten Berechnungen des HSL wurden in Hessen im Jahr 2022 für Verkehrsdienstleistungen 12,3 Mio. Tonnen CO₂ freigesetzt. Das waren 37,7 Prozent des gesamten hessischen CO₂-Ausstoßes (siehe Abbildung 63 in Kapitel 9.4). Dabei ist das am Flughafen Frankfurt vertankte Kerosin zum größten Teil nicht enthalten, da bei der CO₂-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 wichtige Ziele der Bundesregierung und der Hessischen Landesregierung. Die Maßnahmen der Hessischen Landesregierung zu Forschung bzw. Förderung von Elektromobilität und Wasserstofftechnologien sind in Kapitel 10.4 bzw. Kapitel 11 (Maßnahme 63) beschrieben.

Pkw-Bestand in Hessen nach ausgewählten Antriebsarten

In Hessen waren zu Beginn des Jahres 2024 insgesamt gut 3,9 Mio. Pkw zugelassen (siehe Tabelle 19). Dies sind 49.682 Pkw bzw. 1,3 Prozent mehr als ein Jahr zuvor. Die einzelnen Antriebsarten haben dabei sehr unterschiedlich zu diesem Zuwachs beigetragen. Der Bestand aller Pkw mit fossilen Antrieben war rückläufig. Am absolut stärksten nahm die Zahl der Benziner um rund 24.300 (-1,0 %) ab, womit sich deren Bestand das vierte Mal in Folge verringert hat. Der Bestand an Diesel-Pkw war bereits das fünfte Mal in Folge rückläufig, zuletzt um rund 20.500 (-1,9 %). Zudem setzte sich auch der rückläufige Trend gasbetriebener Fahrzeuge weiter fort (-1.354 bzw. -4,6 %). Dieser Abnahme in Höhe von insgesamt fast 46.200 Pkw mit fossilen Antrieben steht abermals eine deutliche Zunahme der Pkw mit Elektroantrieb in Höhe von fast 96.000 Fahrzeugen (+30,1 %) gegenüber. Der Bestand rein strombetriebener Pkw stieg dabei um 36.702 (+38,2 %) auf 132.814 zum Jahresbeginn 2024. Stärker noch erhöhte sich die Zahl der Hybridantriebe mit Strom um 59.195 (+26,6 %) auf 282.126 Pkw. Im Vorjahresvergleich, in dem sich die Zulassungszahlen an reinen und hybriden Elektro-Pkw um zusammen 110.000 (+52,2 %) erhöht haben, hat sich die Zulassungsdynamik im Jahr 2023 aber sowohl absolut als auch relativ spürbar verlangsamt.

Tabelle 19: Personenkraftfahrzeuge in Hessen nach Antriebsarten zum Jahresbeginn 2010 und 2024 sowie im Vorjahresvergleich

Antriebsart	2010		2024		Veränderung 2010-2024		Veränderung 2023-2024	
	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %
Insgesamt	3.279.051		3.903.398		624.347	19,0%	49.682	1,3%
darunter:								
Benzin	2.357.597	71,9%	2.376.441	60,9%	18.844	0,8%	-24.314	-1,0%
Diesel	888.535	27,1%	1.083.237	27,8%	194.702	21,9%	-20.510	-1,9%
Gas	30.071	0,92%	27.882	0,7%	-2.189	-7,3%	-1.354	-4,6%
Elektro	153	0,005%	132.814	3,4%	132.661	x	36.702	38,2%
Hybrid	2.598	0,08%	282.126	7,2%	279.528	x	59.195	26,6%

x = keine Angabe, weil Aussage nicht sinnvoll

Quelle: KBA 2024, Angaben jeweils zum 1. Januar eines Jahres.

Nach Antriebsarten differenziert dominieren nach wie vor Benziner (60,9 %) und Diesel (27,8 %) den Pkw-Bestand mit zusammen 88,6 Prozent (90,9 Prozent im Vorjahr). Die restlichen 11,4 Prozent verteilen sich zu 7,2 Prozent auf Hybridfahrzeuge (Vorjahr: 5,8 %), zu 3,4 Prozent auf rein strombetriebene Pkw (Vorjahr: 2,5 %) und zu 0,7 Prozent auf gasbetriebene Pkw (Vorjahr: 0,8 %).

Zu der hohen Dynamik beim Absatz von Elektrofahrzeugen dürften die Kaufanreize der Bundesregierung für Pkw mit Elektroantrieb entscheidend beigetragen haben. Im Jahr 2022 haben Käufer von reinen E-Autos eine Förderung von bis zu 9.000 Euro und von Plug-in-Hybriden einen Zuschuss von bis zu 6.750 Euro erhalten. Ab dem 1. Januar 2023 wurden Plug-in-Hybridfahrzeuge nicht mehr durch den Umweltbonus gefördert.

Bis zum Auslaufen der Förderung zum 18. Dezember 2023 betrug die Förderung für batterieelektrische Fahrzeuge und Brennstoffzellenfahrzeuge mit Nettolistenpreis bis zu 40.000 Euro: 4.500 Euro, und mit Nettolistenpreis zwischen 40.000 Euro und 65.000 Euro: 3.000 Euro. Zum 18. Dezember 2023 wurde der sogenannte Umweltbonus bis auf Weiteres vollständig eingestellt.

Insgesamt wurden bis Anfang Dezember 2023 beim BAFA bundesweit über 2,2 Mio. Anträge für den Umweltbonus eingereicht, davon 1.428.243 Anträge beim Kauf eines reinen Batterieelektrofahrzeugs, 804.916 Anträge für Plug-in-Hybride und 543 Anträge für Brennstoffzellenfahrzeuge (BAFA 2024b).

Auf Hessen entfallen davon 208.992 bzw. 9,4 Prozent aller Anträge, die sich wiederum aus 127.212 Anträgen für reine Batterieelektrofahrzeuge, 81.742 Anträgen für Plug-in-Hybride und 38 Anträgen für Brennstoffzellenfahrzeuge zusammensetzen (siehe Tabelle 20). Dabei hat sich die Zahl der Anträge für den Umweltbonus aus Hessen zwischen Mai und Dezember 2023 um rund 31.600 erhöht, was nach dem Förderstopp von Plug-in-Fahrzeugen erwartungsgemäß fast ausschließlich auf reine Batterieelektrofahrzeuge zurückzuführen ist. Bei der geringen Zunahme der Plug-in-Fahrzeuge dürfte es sich noch um bearbeitete Altanträge handeln, Brennstoffzellenfahrzeuge führen bis zuletzt ein Nischendasein.

Tabelle 20: Aus Hessen beim BAFA gestellte Anträge für Umweltbonus von 2020-2023

Antriebsart	bis Mai 2020	bis Mai 2021	bis Mai 2022	bis Mai 2023	bis Dez. 2023	Veränderung: Mai bis Dez. 2023	Anteil an Deutschland Stand: Dez. 2023
	absolut	absolut	absolut	absolut	absolut	absolut	in %
Reine Batterieelektrofahrzeuge	9.376	26.197	53.418	95.632	127.212	31.580	8,9%
Plug-in-Hybride	6.630	25.444	51.173	81.735	81.742	7	10,2%
Brennstoffzellenfahrzeuge	7	13	15	36	38	2	7,0%
Insgesamt	16.013	51.654	104.606	177.403	208.992	31.589	9,4%

Quelle: BAFA 2024b, Angaben 2020 bis 2023 jeweils bis Mai sowie für 2023 Stand bis Dezember 2023.

Ladepunkte für Elektrofahrzeuge

Die hohe Dynamik der Zulassungszahlen von Pkw mit reinem Elektroantrieb wird auch aus Abbildung 58 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 weiter deutlich erhöht.

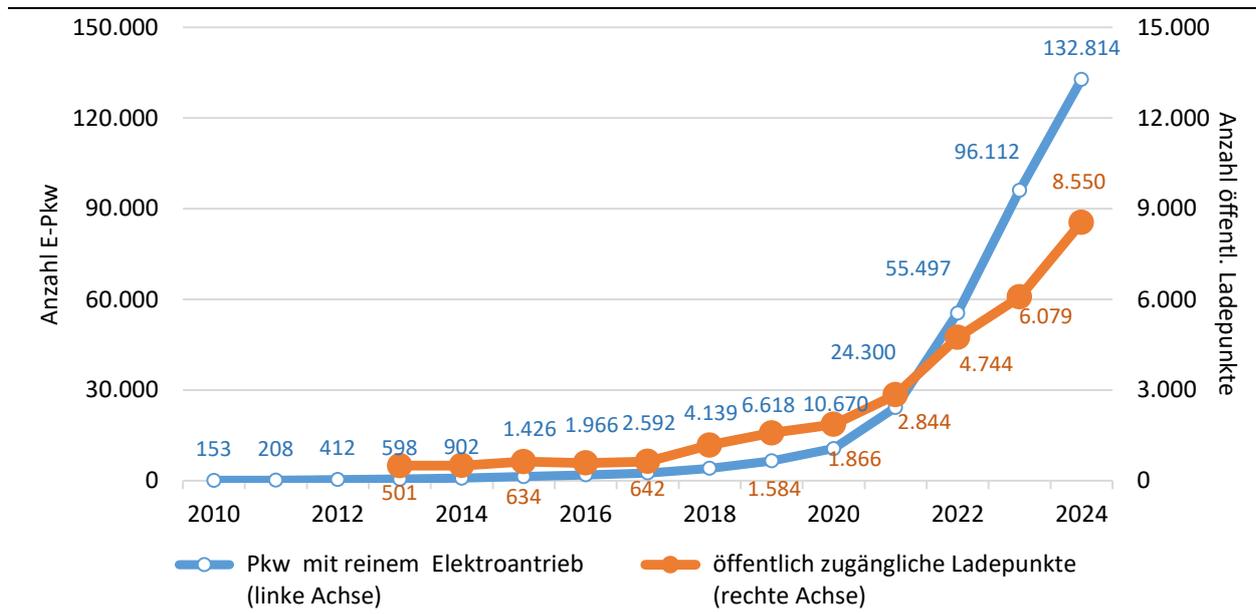
Demnach waren für Hessen zum Stichtag 21. März 2024 bei der Bundesnetzagentur insgesamt 8.550 öffentlich

zugängliche Ladepunkte für Elektrofahrzeuge gemeldet.²⁷ Davon handelt es sich um rund 1.500 Schnellladepunkte und um gut 7.000 Normalladepunkte.

Gegenüber dem Vorjahr bedeutet dies eine Zunahme um 2.471 Ladepunkte bzw. 41 Prozent. Rein privat zugängliche Ladepunkte sind in dieser Zahl nicht berücksichtigt.

²⁷ 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. Als öffentlich zugänglich gilt ein Ladepunkt, wenn er sich entweder im öffentlichen Straßenraum oder auch auf privatem Grund befindet und der zum Ladepunkt gehörende Parkplatz von einem unbestimmten oder nur nach allgemeinen Merkmalen bestimmbarer Personenkreis befahren werden kann.

Abbildung 58: Entwicklung der Anzahl von Personenkraftwagen mit Elektroantrieb und der Ladepunkte in Hessen 2010-2024



Quelle: KBA 2024 (Stand: 01.01.2024), BNetzA 2024o (Stand: 21.03.2024).

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).

Die Hessische Landesregierung hat ihre klimapolitischen Ziele mit dem Hessischen Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (Hessisches Klimagesetz – HKlimaG) angepasst, um die Netto-Treibhausgasneutralität in Hessen spätestens im Jahr 2045 zu erreichen (Hessischer Landtag 2023). 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. Bis 2045 muss Hessen die Treibhausgasneutralität erreichen. Mit dem Hessischen Klimagesetz will das Land Hessen seinen Beitrag zur völkerrechtlich verpflichtenden Begrenzung der globalen Durchschnittstemperatur nach dem Pariser Klimaabkommen leisten.

Im Oktober 2023 hat das Hessische Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat (HMLU) die hessische Treibhausgasbilanz für das Bilanzjahr 2021 mit den endgültigen Werten für das Jahr 2020 und den noch vorläufigen Werten für das Jahr 2021 veröffentlicht. Darin werden für Hessen die Emissionen der mengenmäßig bedeutendsten Klimagase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) sowie für die Gruppe der fluorierten Treibhausgase über den Zeitraum von 1990 bis 2021 dargestellt.

In den Kapiteln 9.1 bis 9.3 werden auf dieser Datenbasis die aktualisierten Emissionswerte bis zum Jahr 2021 berücksichtigt. In Kapitel 9.4 sind vom HSL vorläufige Werte zu den CO₂-Emissionen in Hessen für das Jahr 2022 dargestellt. In Kapitel 9.5 erfolgt eine Berechnung, welche Mengen an Treibhausgasemissionen in Hessen durch den Einsatz erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung, zur Bereitstellung von Wärme und für Mobilitätszwecke im Jahr 2023 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.²⁸ 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 2023 gut die Hälfte (53 %) seines Stromverbrauchs (siehe Kapitel 3.4).

Ebenfalls zu beachten ist, dass analog zur Berichterstattung des Umweltbundesamtes der internationale Luftverkehr bei den CO₂-Emissionen nicht berücksichtigt wird. Im Verkehrssektor ist dementsprechend nur der nationale (inländische) Luftverkehr enthalten.

Insgesamt wurden in Hessen im Jahr 2021 einschließlich der fluorierten Treibhausgase 36,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente freigesetzt (siehe Abbildung 59). Dies waren 0,6 Mio. Tonnen mehr (+1,8 %) als im Jahr 2020, wobei der Anstieg auf die allmählich wieder einkehrende Normalisierung nach dem starken Rückgang von 3,0 Mio. Tonnen durch den Ausbruch der Corona-Pandemie im Jahr 2020 zurückzuführen ist. So kam im Jahr 2020 das öffentliche Leben vorübergehend nahezu zum Stillstand, viele staatliche Einrichtungen, aber auch Unternehmen blieben geschlossen und der Berufs- und Reiseverkehr fand kaum noch statt. Im Vergleich zum Vor-Corona-Jahr 2019 fiel der Treibhausgasausstoß im Jahr 2021 um 2,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente (-6,1 %) niedriger aus.

Mit Blick auf die Zusammensetzung der Treibhausgase prägen Kohlendioxidemissionen mit 33,0 Mio. Tonnen bzw. 91,1 Prozent die Emissionsstruktur, es folgen Methan mit 4,4 Prozent sowie Lachgas und Fluor-Gase mit jeweils gut 2 Prozent.

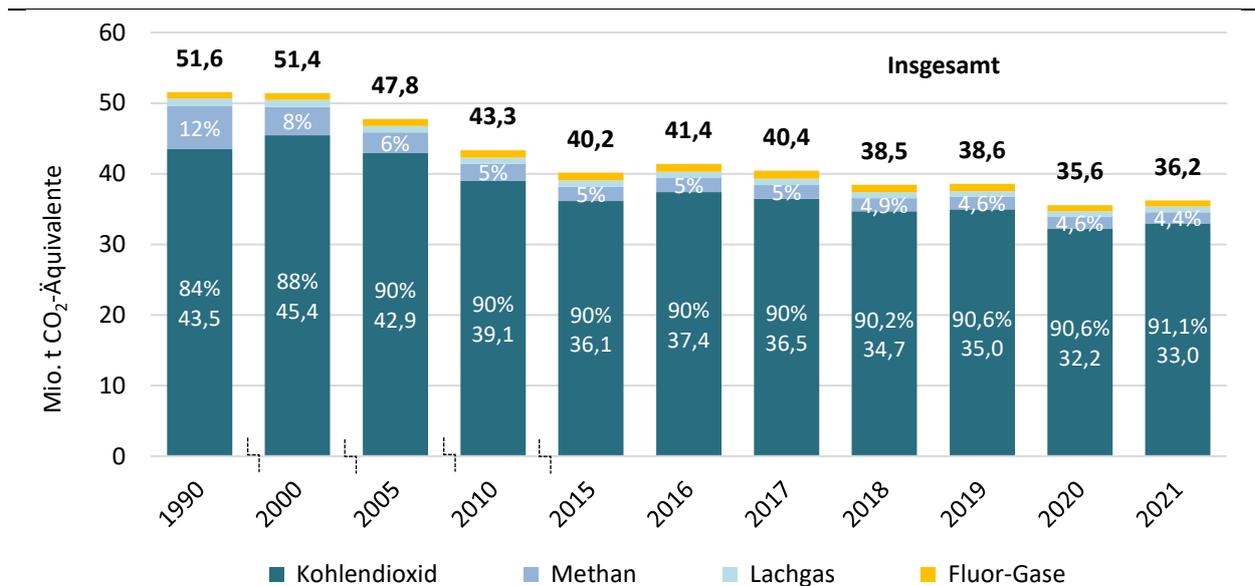
²⁸ Siehe dazu auch die Erläuterung zur Treibhausgasbilanz im Glossar sowie HMKLV 2023.

In der Langfristbetrachtung (1990 bis 2021) beträgt der gesamte Rückgang 15,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente. Dabei sind die CO₂-Emissionen mit 10,5 Mio. Tonnen am stärksten zurückgegangen. Die Rückgänge bei den anderen Treibhausgasen beziffern sich bei Methan auf

4,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente, bei Lachgas auf 0,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente und bei Fluor-Gasen auf knapp 48.000 Tonnen CO₂-Äquivalente.

Abbildung 59: Entwicklung der Treibhausgasemissionen 1990-2021*

(in Mio. t CO₂-Äquivalente, Zusammensetzung nach Gasen in %)



* ohne internationalen Luftverkehr

Quelle: HMuKLV 2023, HSL 2024a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2021 = vorläufige Werte außer Fluor-Gase.

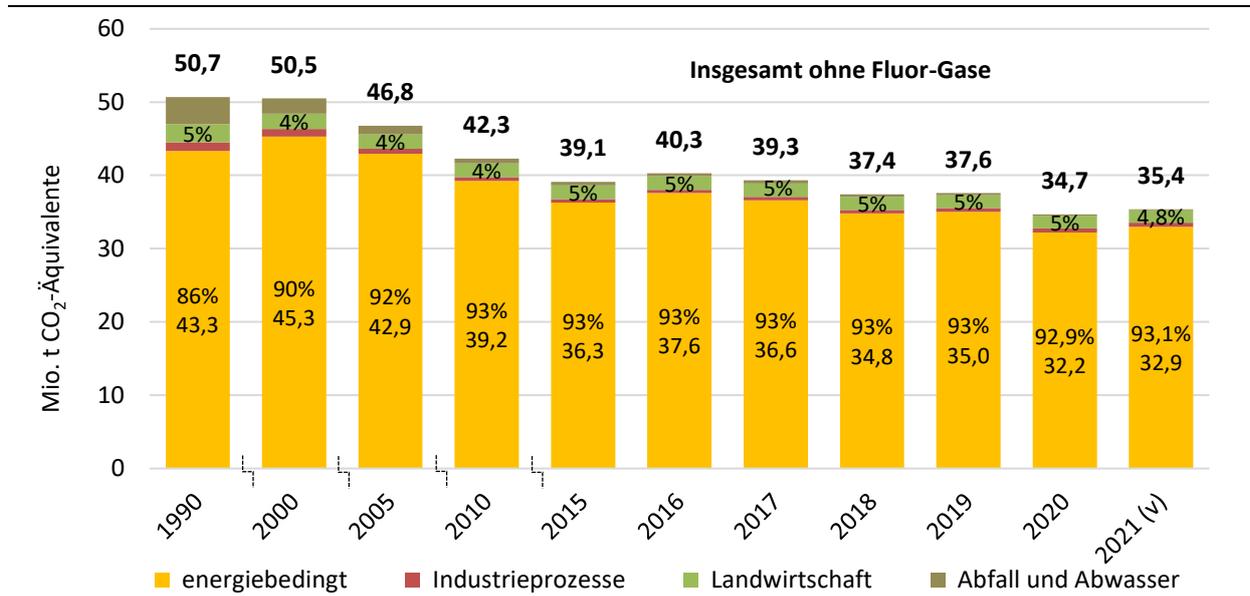
9.2 Treibhausgasemissionen nach Quellgruppen

Die Entwicklung der Treibhausgasemissionen kann im Zeitverlauf differenziert nach den einzelnen Quellgruppen nur für die Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Lachgas dargestellt werden (siehe Abbildung 60). Auf diese drei Gase entfielen im Jahr 2021 zusammen 35,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente bzw. 97,7 Prozent der Treibhausgase insgesamt.

Die mit Abstand meisten Treibhausgase wurden auch im Jahr 2021 energiebedingt verursacht. So entfielen 32,9 der insgesamt 35,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente auf energiebedingte Emissionen, was einem Anteil von 93,1 Prozent entspricht.

1,7 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente bzw. 4,8 Prozent sind in der Landwirtschaft entstanden. Auf Industrieprozesse und den Bereich Abfall und Abwasser waren zusammen weitere 0,8 Mio. Tonnen bzw. 2,1 Prozent der THG-Emissionen zurückzuführen.

Abbildung 60: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (ohne Fluor-Gase) nach Quellgruppen 1990-2021*
(in Mio. t CO₂-Äquivalente)



* ohne internationalen Luftverkehr

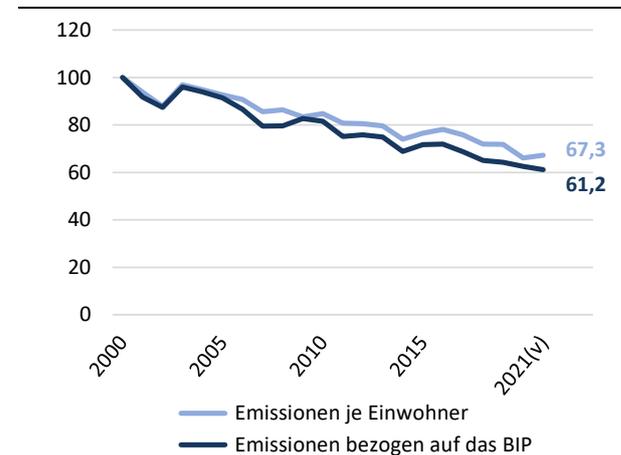
Quelle: HMUKLV 2023, HSL 2024a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2021 = vorläufige Werte außer Fluor-Gase.

9.3 Entwicklung der Treibhausgasintensität

In Abbildung 61 sind die Treibhausgasintensitäten gemessen als THG-Emissionen je Einwohner (hellblaue Linie) und als THG-Emissionen bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt (dunkelblaue Linie) dargestellt, die sich im Jahr 2021 gegenläufig entwickelt haben. Da der Anstieg der Bevölkerungszahl im Jahresdurchschnitt 2021 mit 0,6 Prozent deutlich niedriger ausfiel als der Zuwachs der Treibhausgase (+1,8 %), haben sich die Pro-Kopf-Emissionen leicht um 1,8 Prozent erhöht. Demgegenüber fiel das reale Wirtschaftswachstum – nach dem coronabedingten Einbruch 2020 – im Jahr 2021 mit 4,0 Prozent deutlich stärker aus, was sich in einer weiter rückläufigen Treibhausgasintensität (-2,0 %) niederschlug.

In der langfristigen Betrachtung ab dem Jahr 2000 ist bei steigender Wirtschaftsleistung und wachsender Bevölkerung ein ausgeprägt rückläufiger Trend der Treibhausgasintensität zu beobachten. Im Vergleich zum Jahr 2000 liegen die Indexwerte um 32,7 Prozent (Einwohner) bzw. um 38,8 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 61: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (einschließl. Fluor-Gase) pro Kopf und bzgl. BIP* 2000-2021 (Index 2000 = 100)



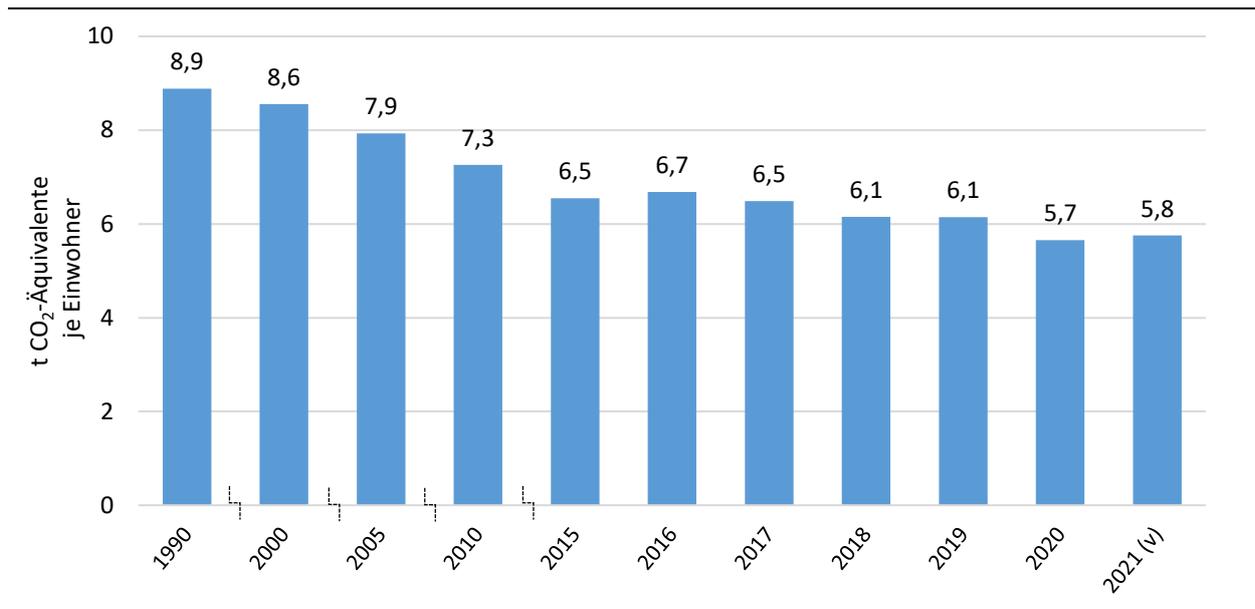
* ohne internationalen Luftverkehr

Quelle: HMUKLV 2023, HSL 2024a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2021 (v) = vorläufig.

Abbildung 62 zeigt die Entwicklung der Treibhausgasemissionen pro Kopf in Absolutwerten für den Zeitraum von 1990 bis 2021. Im Jahr 1990 lag der Wert für die durchschnittlichen Treibhausgasemissionen bei 8,9 Tonnen CO₂-Äquivalente je Einwohner. Seither ist der Pro-Kopf-Ausstoß deutlich gesunken auf zuletzt 5,8

Tonnen im Jahr 2021. Dies war geringfügig mehr als im ersten Corona-Jahr 2020 (5,7 Tonnen CO₂-Äquivalente je Einwohner), lag aber deutlich unter dem Vor-Corona-Niveau des Jahres 2019 (6,1 Tonnen CO₂-Äquivalente je Einwohner).

Abbildung 62: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (einschließl. Fluor-Gase) pro Kopf 1990-2021*
(in t CO₂-Äquivalente je Einwohner)



* ohne internationalen Luftverkehr

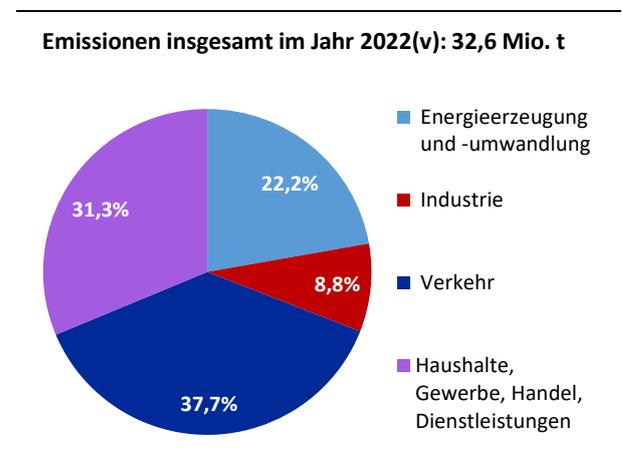
Quelle: HMUKLV 2023, HSL 2024a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2021 (v) = vorläufig.

9.4 Energiebedingte CO₂-Emissionen nach Sektoren

Nach ersten, noch vorläufigen Berechnungen wurden im Jahr 2022 energiebedingt insgesamt 32,6 Mio. Tonnen CO₂ emittiert. Das war geringfügig (+0,2 Mio. t CO₂ bzw. +0,7 %) mehr als im Jahr 2021, aber 1,8 Mio. Tonnen CO₂ bzw. 5,3 Prozent weniger als im Vor-Corona-Jahr 2019.

In Abbildung 63 sind die energiebedingten CO₂-Emissionen differenziert nach Sektoren für das Jahr 2022 dargestellt. Mit 12,3 Mio. Tonnen CO₂ entfällt der weitaus größte Anteil (37,7 %) auf den Verkehrssektor. Gegenüber dem Vorjahr hat der CO₂-Ausstoß im Verkehrssektor leicht um 0,1 Mio. Tonnen (+1,2 %) zugenommen. Dabei ist zu beachten, dass der Kerosinverbrauch für den internationalen Luftverkehr des Frankfurter Flughafens nicht berücksichtigt ist.

Abbildung 63: Energiebedingte CO₂-Emissionen nach Sektoren 2022* (Anteile in %)



* ohne internationalen Luftverkehr

Quelle: HSL 2024a, Berechnungen der Hessen Agentur; (v) = vorläufig.

An zweiter Stelle der Emittenten folgt der Sektor Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen mit zusammen 10,2 Mio. Tonnen CO₂ bzw. einem Anteil von 31,3 Prozent der energiebedingten CO₂-Emissionen. Dieser Sektor konnte seinen CO₂-Ausstoß um 0,9 Mio. Tonnen (-8,1 %) gegenüber dem Vorjahr senken.

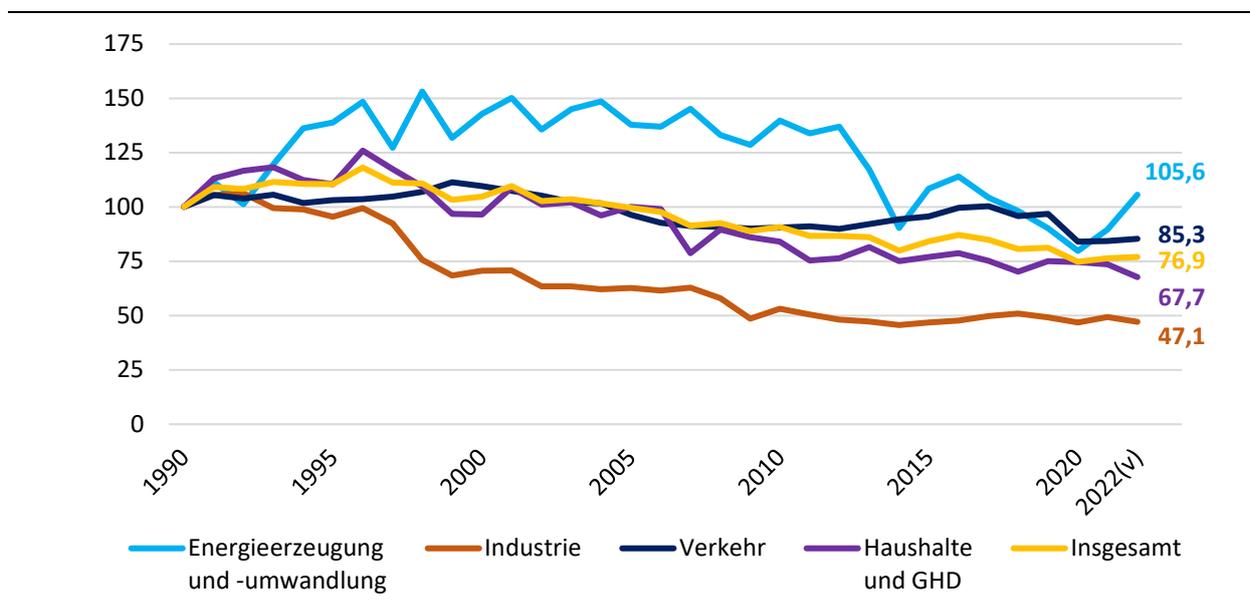
Auf den Bereich Energieerzeugung und Energieumwandlung entfielen 2022 insgesamt 7,2 Mio. Tonnen CO₂ und damit ein Anteil von 22,2 Prozent der energiebedingten CO₂-Emissionen in Hessen. Dies war ein deutlicher Anstieg gegenüber dem Vorjahr um 1,1 Mio. Tonnen (+17,8 %). Verantwortlich dafür sind vor allem die Reaktionen auf den Ausbruch des Russland-Ukraine-Kriegs. So musste das vormals aus Russland bezogene Erdgas binnen kurzer Zeit durch andere Energien ersetzt werden, was sich auch in einem deutlich höheren Einsatz von Kohle zur Strom- und Wärmeerzeugung niederschlug (siehe Kapitel 3).

Mit einem Ausstoß von 2,9 Mio. Tonnen CO₂ bzw. einem Anteil von 8,8 Prozent weist die Industrie die geringsten

Emissionen unter den genannten Sektoren auf. Durch die rückläufige Industriekonjunktur – als Folge des Russland-Ukraine-Kriegs sank die Bruttowertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes im Jahr 2022 in Hessen real um 4,6 Prozent gegenüber dem Vorjahr – nahmen in der Industrie auch die energiebedingten CO₂-Emissionen um 0,1 Mio. Tonnen (-4,4 %) ab.

Abbildung 64 zeigt die langfristige Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen in den einzelnen Sektoren im Zeitraum von 1990 bis 2022 als Indexdarstellung. Dabei ist trotz hohen Wirtschaftswachstums und stark gestiegener Einwohnerzahlen insgesamt ein deutlich rückläufiger Trend der CO₂-Emissionen erkennbar. So wurden im Jahr 2022 energiebedingt insgesamt 9,8 Mio. Tonnen bzw. 23,1 Prozent weniger CO₂ ausgestoßen als im Basisjahr 1990. Dabei sind die Entwicklungen in den einzelnen Sektoren sehr unterschiedlich verlaufen.

Abbildung 64: Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen nach Sektoren 1990-2022*
(Index 1990 = 100)



* ohne internationalen Luftverkehr

Quelle: HSL 2024a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2022 (v) = vorläufig.

Am relativ stärksten sind mit 52,9 Prozent die CO₂-Emissionen in der Industrie (-3,2 Mio. t CO₂) gesunken, gefolgt vom Sektor Haushalte und GHD mit einem Rückgang von 32,3 Prozent (-4,9 Mio. t CO₂). In beiden Sektoren hat sich der Rückgang in etwa bis zum Jahr 2010 vollzogen und bewegt sich seitdem um das damals erreichte Niveau.

Im Sektor Energieerzeugung und Energieumwandlung lagen die CO₂-Emissionen im Jahr 2022 um 0,4 Mio. Tonnen CO₂ bzw. um 5,6 Prozent über dem Ausgangsniveau des Jahres 1990. Dabei hat sich der CO₂-Ausstoß 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. Danach zeichnet sich wieder eine bis zum Jahr 2020 anhaltende Abwärtsbewegung ab. Ab 2021 stiegen die Emissionen wieder an, was sich im Jahr 2022 infolge der Reaktionen auf den Russland-Ukraine-Krieg sogar leicht beschleunigte.

Im Verkehrssektor hat sich der CO₂-Ausstoß langfristig von 1990 bis 2022 um 2,1 Mio. Tonnen bzw. um 14,7 Prozent verringert. Dabei zeichnete sich im Zeitraum von 1990 bis 2000 zunächst eine Zunahme und anschließend eine bis zum Jahr 2013 anhaltende Abwärtsbewegung ab. Ab 2014 stiegen die CO₂-Emissionen wieder deutlich an und erreichten 2016 wieder das Ausgangsniveau des Jahres 1990. Erkennbar ist die im Vergleich mit den anderen Sektoren besonders hohe Betroffenheit des Verkehrssektors durch die Corona-Pandemie im Jahr 2020. Im Jahr 2021 blieb der CO₂-Ausstoß des Verkehrssektors nahezu unverändert, für 2022 zeichnet sich ein leichter Anstieg ab.

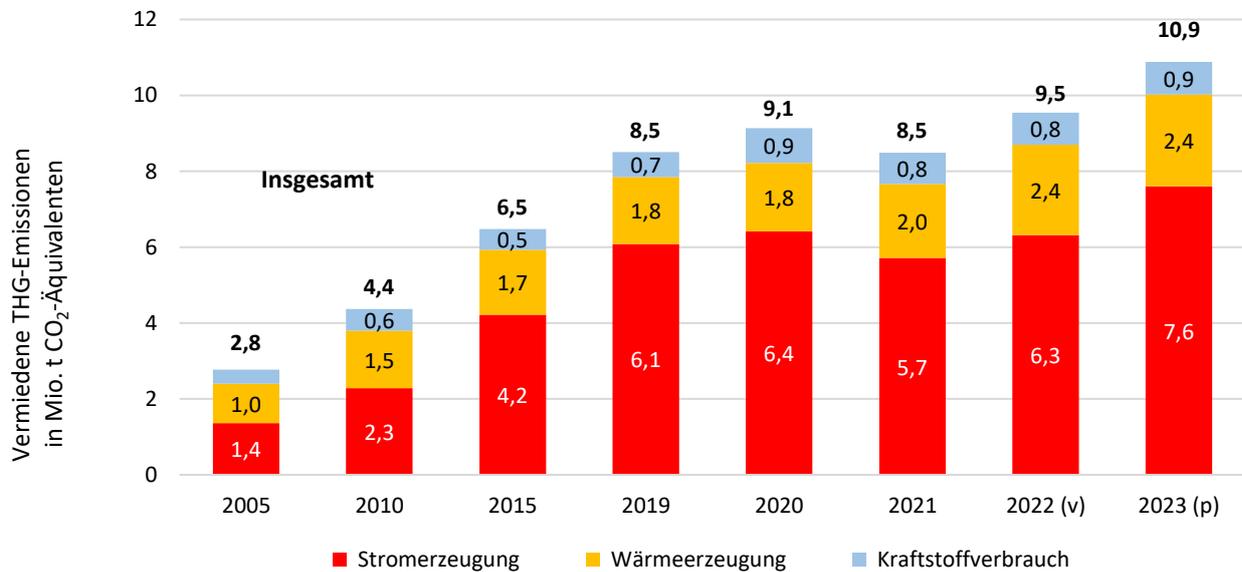
9.5 Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch erneuerbare Energien

Durch den zunehmenden Einsatz erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie beim Kraftstoffverbrauch können immer größere Mengen an konventionellen fossilen Energieträgern eingespart und somit Emissionen von Treibhausgasen (THG) in erheblichem Umfang vermieden werden. Für Deutschland werden dazu vom Umweltbundesamt detaillierte Berechnungen durchgeführt und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz veröffentlicht (BMWK 2024e).²⁹ So konnten in Deutschland im Jahr 2023 insgesamt knapp 250 Mio. Tonnen an THG-Emissionen vermieden werden, 195,2 Mio. Tonnen bei der Stromerzeugung, 44,1 Mio. Tonnen bei der Wärmeerzeugung und 10,5 Mio. Tonnen beim Kraftstoffverbrauch. Gegenüber dem Vorjahr stieg die eingesparte Menge an THG auf Bundesebene um insgesamt 14,6 Mio. Tonnen bzw. 6,2 Prozent an. Aus den Angaben zu den Mengen an eingesetzten erneuerbaren Energieträgern und den dadurch eingesparten CO₂-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 2023 beziffern sich demnach die in Hessen eingesparten Treibhausgasemissionen auf 10,9 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente (siehe Abbildung 65). Dies sind etwa 1,4 Mio. Tonnen bzw. 14,0 Prozent mehr als im Vorjahr, wobei der Anstieg fast ausschließlich auf die deutlich höhere Stromerzeugung durch Windenergieanlagen zurückzuführen ist (siehe Kapitel 4.1). So wurden im Jahr 2023 durch Windenergieanlagen rund 4,5 Mio. Tonnen an CO₂-Äquivalenten eingespart, 1,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente mehr als im Jahr zuvor. Demgegenüber fallen die THG-Einsparungen sowohl bei der Wärmeerzeugung (+40.000 t vermiedene THG-Emissionen bzw. +1,8 %) als auch bei erneuerbaren Kraftstoffen (+10.000 t vermiedene THG-Emissionen bzw. +1,0 %) im Jahr 2023 im Vergleich zum Vorjahr sehr gering aus.

²⁹ Die vom Umweltbundesamt verwendete Methodik ist ausführlich in Umweltbundesamt (2021) beschrieben.

Abbildung 65: Durch den Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Treibhausgasemissionen 2005-2023
(in Mio. t CO₂-Äquivalente)



Quelle: AGEE 2024, HSL 2024a, IE-Leipzig 2024, Berechnungen der Hessen Agentur; 2022 (v) = vorläufig, 2023 (p) = Prognose.

F&E Recycling Arcus Greencycling GmbH

Die Firma Arcus Greencycling ermöglicht durch sogenanntes chemisches Recycling die Rückgewinnung wertvoller fossiler Rohstoffe zur Kunststoffherstellung für höchste Ansprüche, etwa in Hygieneartikeln. Im Gegensatz zum herkömmlichen werkstofflichen Recycling ist chemisches Recycling allerdings energetisch enorm aufwändig. Unbestritten ist daher, dass es ein Einsparpotenzial für CO₂ durch chemisches Recycling gibt – unklar dagegen, in welchem Ausmaß.

Mit dem vom Land Hessen geförderten Projekt wurde daher Pionierarbeit geleistet: Angestrebt sind nicht nur genaue Bilanzierungen, sondern auch Vergleiche zwischen chemischem Recycling, werkstofflichem Recycling und der thermischen Verwertung (Müllverbrennung). Die dadurch erzielte Transparenz und Eindeutigkeit sollen dabei helfen, das chemische Recycling in die konkrete Anwendung zu bringen und das Potenzial zur CO₂-Einsparung bestmöglich zu nutzen – in Hessen, Deutschland und weltweit.

Das Vorhaben wurde mit 1 Mio. Euro durch das Land Hessen aus dem Ressourcenwendepaket und mit Klimaplanmitteln gefördert.

<https://arcus-greencycling.com/>



10

Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende



10 Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende

Durch die Energiewende verändern sich die Rahmenbedingungen für die Wirtschaftsentwicklung in Deutschland und Hessen auf breiter Basis. Einerseits ergeben sich positive Impulse für Investitionen und Innovationen sowie für die Technologieentwicklung, die mit dem Umbau der Energieversorgung entstehen. Dabei nimmt auch die Abhängigkeit von Mineralöl-, Steinkohle- und Erdgasimporten kontinuierlich ab. Andererseits gehen die für den Umbau des Energieversorgungssystems notwendigen Investitionen auch mit steigenden Kosten einher, wodurch wiederum negative Effekt für die internationale Wettbewerbsfähigkeit entstehen können.

Im Folgenden werden aktuelle Entwicklungen von Energiepreisen und -kosten, die Investitionen in den Ausbau erneuerbarer Energieanlagen, Veränderungen bei der Beschäftigung im Energiesektor sowie Entwicklungen in der Energieforschungsförderung betrachtet.

10.1 Energiekosten und Energiepreise

Auf den massiven Anstieg der Gas- und Strompreise infolge des Russland-Ukraine-Kriegs hat die Bundesregierung mit einer Strom- und Gaspreisbremse reagiert. So wurde im Jahr 2023 der Strompreis für private Verbraucher und kleine Unternehmen bei 40 Cent pro kWh sowie für mittlere und große Unternehmen mit mehr als 30.000 kWh Jahresverbrauch bei 13 Cent gedeckelt.

Ähnliches traf für den Gas- und Fernwärmeverbrauch zu: Für private Haushalte sowie für kleine und mittlere Unternehmen mit weniger als 1,5 Mio. kWh Gasverbrauch im Jahr beträgt der Gaspreispreisdeckel 12 Cent pro kWh und für Fernwärme 9,5 Cent je kWh. Für die Industrie wurde der Netto-Arbeitspreis ab Januar 2023 je kWh auf 7 Cent gedeckelt.

Energiekosten und -preise privater Haushalte

Zur Ermittlung der Lebenshaltungskosten werden die gesamten Aufwendungen eines Durchschnittshaushalts z. B. für Unterkunft und Verpflegung, für Bekleidung und Freizeitaktivitäten sowie für Energie herangezogen. In Deutschland haben sich die allgemeinen Lebenshaltungskosten der privaten Haushalte im Jahr 2023 gegenüber dem Vorjahr abermals deutlich um 5,9 Prozent erhöht, blieben aber unter dem Rekordanstieg des Vorjahres (2022: +6,9 %). Der Anteil der Ausgaben für Energie und Kraftstoffe bezifferte sich im Jahr 2023 in

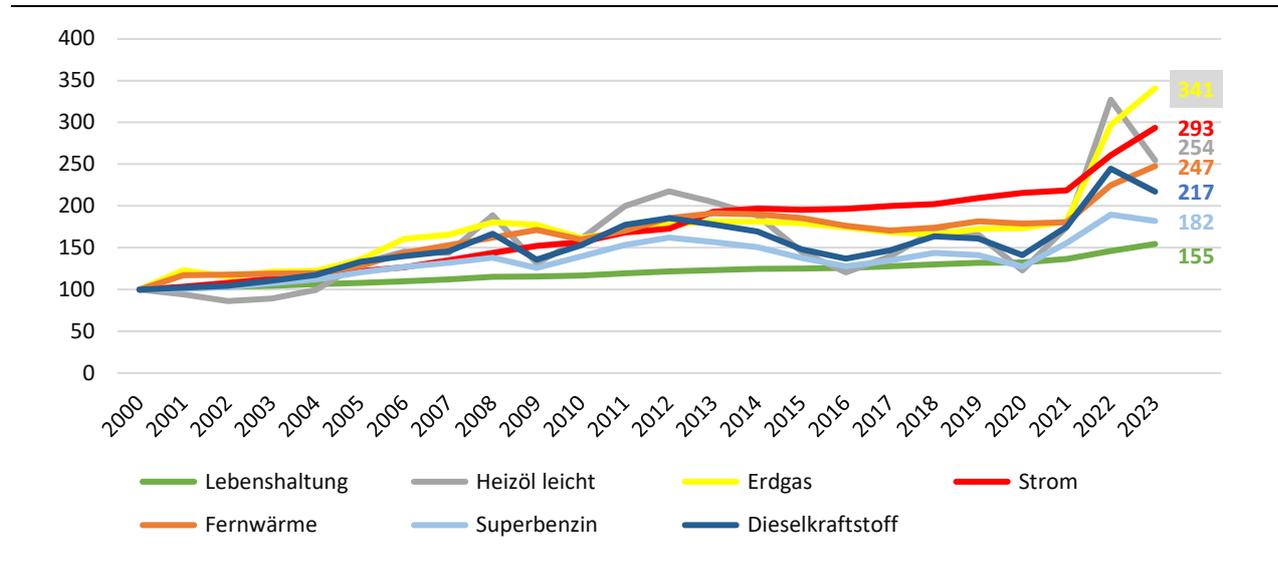
Hessen auf zusammen 7,4 Prozent der Gesamtausgaben der privaten Haushalte. Wie Abbildung 66 zeigt, haben sich die Energie- und Kraftstoffpreise sehr unterschiedlich und zum Teil gegenläufig entwickelt. Deutliche Preisanstiege verzeichneten Erdgas (+14,7 %), Strom (+12,6 %) und Fernwärme (+10,0 %). Verbilligt haben sich hingegen die Preise von leichtem Heizöl (-22,2 %), Dieseltreibstoffen (-11,3 %) und Superbenzin (-4,0 %).

Längerfristig haben sich die allgemeinen Lebenshaltungskosten im Zeitraum von 2000 bis 2023 um insgesamt 55 Prozent erhöht. Im Vergleich dazu fielen die langfristigen Preisentwicklungen aller Energieträger deutlich höher aus. Dabei zeichnen sich die Preisentwicklungen der Mineralölprodukte durch stark schwankende Verläufe aus. Im Jahresdurchschnitt 2023 war leichtes Heizöl um 154 Prozent, Dieselmotortreibstoff um 117 Prozent und Superbenzin um 82 Prozent teurer als im Jahr 2000. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Mineralölprodukte seit dem Jahr 2021 auf Basis des Brennstoffemissions-handelsgesetzes einer nationalen CO₂-Bepreisung unterliegen, die stufenweise ansteigt.

Die Preisentwicklungen von Fernwärme und Erdgas sind bis zum Jahr 2021 zunächst sehr ähnlich verlaufen. Seit Beginn des Russland-Ukraine-Kriegs ist der Preis für Erdgas deutlich stärker gestiegen und lag zuletzt im Jahr 2023 um 241 Prozent über dem Ausgangsniveau des Jahres 2000. Am zweitstärksten ist der Strompreis mit einem Plus von 193 Prozent gegenüber dem Referenzjahr 2000 gestiegen, gefolgt von Heizöl (+154%) und Fernwärme (+147 %).

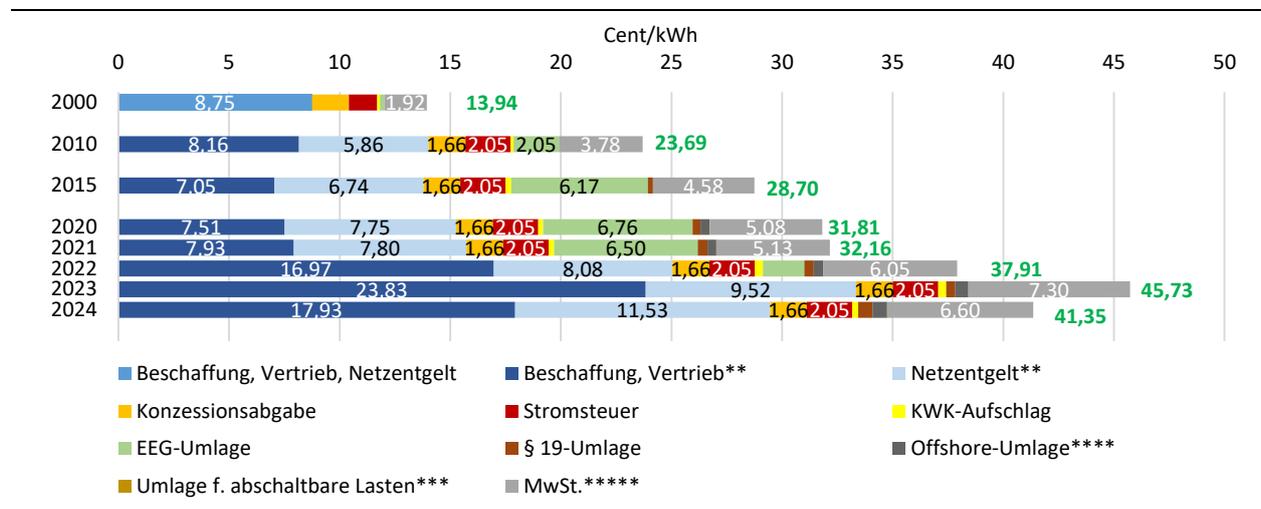
Der Strompreis für Haushalte, der sich bereits im Verlauf des Jahres 2022 auf knapp 38 Cent je kWh verteuert hatte, stieg im Jahr 2023 weiter auf 45,73 Cent je kWh an. Nach Schätzung des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW) zeichnet sich für das Jahr 2024 aber wieder ein Preisrückgang auf 41,35 Cent je kWh ab (siehe Abbildung 67).

Abbildung 66: Entwicklung der Lebenshaltungskosten insgesamt und der Preise für Energieträger für private Haushalte in Deutschland 2000-2023 (nominal, einschließlich MwSt.; Index 2000 = 100)



Quelle: Destatis 2024a.

Abbildung 67: Entwicklung des Strompreises in Deutschland für Haushalte nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010, 2015 und 2020-2024* (in Cent je kWh)



* Stand: Juli 2024
 ** 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 2024

Dieser Preisrückgang in Höhe von 4,37 Cent je kWh bzw. 9,6 Prozent ist überwiegend auf gesunkene Kosten für Beschaffung und Vertrieb zurückzuführen, die sich zusammen voraussichtlich um 5,9 Cent je kWh und damit um fast ein Viertel gegenüber dem Vorjahr (-24,8 %) verbilligen. Leicht rückläufig sind zudem der KWK-Aufschlag (-0,08 Cent je kWh bzw. -23,0 %) und die

Mehrwertsteuer (-0,7 Cent je kWh bzw. -9,6 %). Demgegenüber dürften sich vor allem die Netzentgelte um 2,01 Cent je kWh (+21,1 %) verteuern. Weitere Preissteigerungen sind durch die §19-Umlage sowie die Offshore-

Umlage in Höhe von 0,23 Cent je kWh (+54,2 %) bzw. von 0,07 Cent je kWh (+11,0 %) zu erwarten.³⁰

Anzumerken ist, dass seit dem 1. Juli 2022 keine EEG-Umlage und ab Jahresbeginn 2023 keine Umlage für abschaltbare Lasten mehr zu zahlen sind.

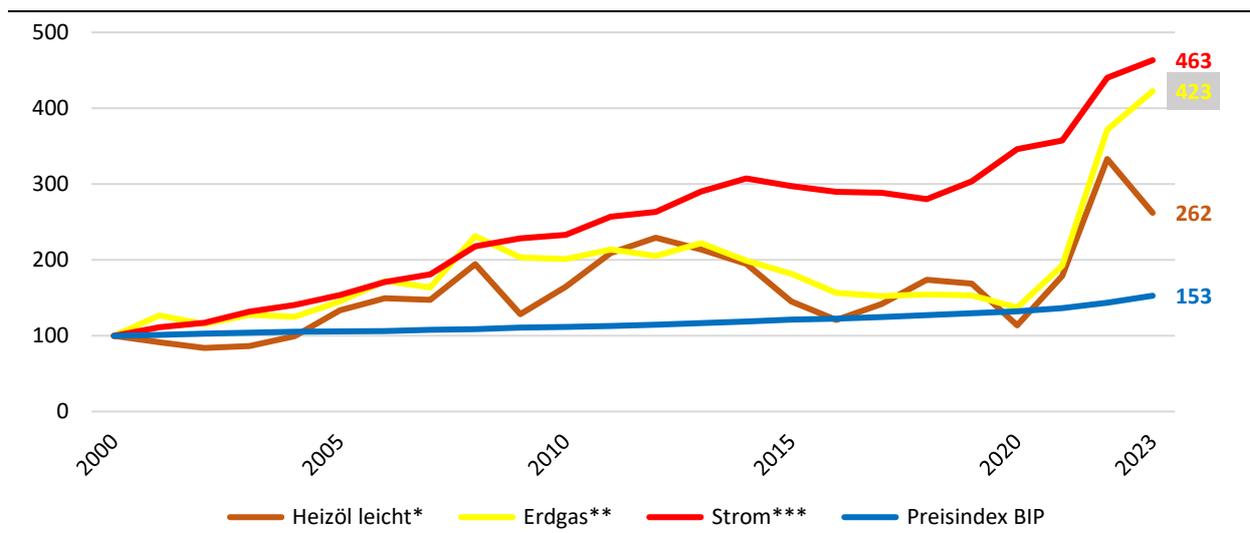
Energiekosten und -preise der Industrie

Der BIP-Deflator³¹ ist der umfangreichste Preisindikator einer Volkswirtschaft, der zur Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Inflationsrate herangezogen wird. Berechnet als Quotient aus den Indexwerten von realer und nominaler BIP-Entwicklung ergibt sich demnach für das Jahr 2023 ein Preisniveauanstieg des BIP um 6,6 Prozent gegenüber dem Vorjahresniveau. Damit fällt der Anstieg des BIP-Deflators – anders als im letzten Jahr – höher aus als die Verteuerung der Lebenshaltungskosten der privaten Haushalte (+5,9 %). Die Preise der einzelnen

Energieträger haben sich im Jahr 2023 sehr unterschiedlich entwickelt: Weit überdurchschnittlich fiel im Vergleich zum BIP-Deflator der Anstieg des Erdgaspreises (+13,7 %) aus, der Strompreisanstieg (+5,2 %) blieb leicht darunter und leichtes Heizöl hat sich sogar deutlich verbilligt (-21,3 %) (siehe Abbildung 68).

Sowohl langfristig seit dem Jahr 2000 als auch bei kurzfristiger Betrachtung seit 2020 lagen die Preisniveaus der Energieträger deutlich über dem des BIP-Deflators, das sich beispielsweise im Gesamtzeitraum von 2000 bis 2023 um 53 Prozent erhöhte und damit deutlich schwächer als Strom (+363 %), Erdgas (+323 %) und leichtes Heizöl (+162 %). Im Jahresdurchschnitt 2023 mussten Industrieunternehmen 20,4 bzw. 7,1 Cent für die kWh Strom bzw. Erdgas zahlen und damit so viel wie noch nie zuvor.

Abbildung 68: Preisentwicklung des Bruttoinlandsprodukts sowie der Ausgaben für Energie von Industrieunternehmen in Deutschland 2000-2023 (nominal, ohne MwSt.; Index 2000 = 100)



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

** Durchschnittspreise bei Jahresverbrauch von 27,8 bis 277,8 GWh (ohne Umsatzsteuer u. a. abzugsfähige Steuern)

*** Durchschnittspreise bei Jahresverbrauch von 2 bis 20 GWh (ohne Umsatzsteuer u. a. abzugsfähige Steuern)

Quelle: Destatis 2024b.

30 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.

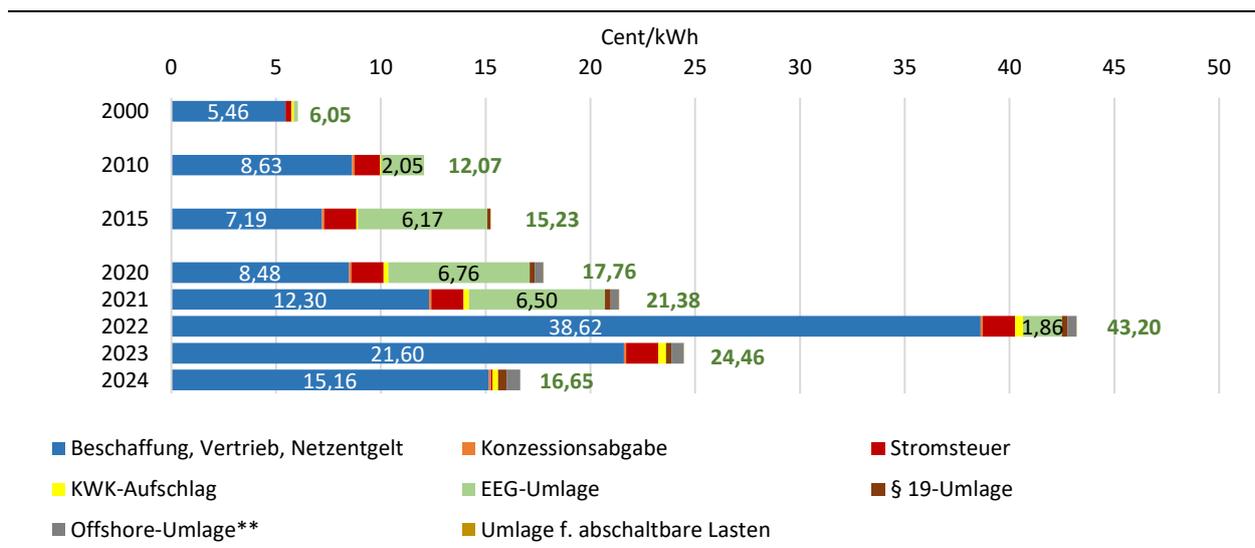
31 Im Preisindex des Bruttoinlandsprodukts (BIP) werden Preisveränderungen aller in Deutschland produzierten Güter und Dienstleistungen berücksichtigt. Er umfasst neben den Konsumgüterpreisen der privaten Haushalte auch die Preise der Konsumgüter des Staates, der Bau- und Ausrüstungsinvestitionen der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

Der BDEW veröffentlicht auch für Industriekunden zweimal jährlich im Rahmen seiner Strompreisanalyse detaillierte Angaben zur Entwicklung des Strompreises in den zurückliegenden Jahren sowie eine Einschätzung für das laufende Jahr 2024. Als Referenz dient dafür der bundesweite Durchschnittspreis bei Neuabschlüssen von Industriekunden mit einem Jahresstromverbrauch von bis zu 20 GWh.

Wie aus Abbildung 69 ersichtlich wird, führte der russische Angriff auf die Ukraine zu einer dramatischen Verteuerung des Industriestrompreises bei Neuabschlüssen im Jahr 2022. Mit 43,20 Cent je kWh kostete Strom im Jahr 2022 bei Neuabschlüssen mehr als doppelt so viel wie vor Kriegsbeginn (21,38 Cent je kWh). Bereits im Jahr 2023 fiel der Strompreis wieder deutlich auf 24,46 Cent je kWh. Für das Jahr 2024 wird ein weiterer Rückgang auf 16,65 Cent je kWh erwartet. Dies wäre weniger

als vor der Corona-Pandemie 2019, als die Kilowattstunde Strom für Industriekunden 18,55 Cent kostete, und ist vor allem auf den Wegfall der EEG-Umlage zum 1. Juli 2022 zurückzuführen. Abbildung 69 zeigt zudem, dass die Kosten für Beschaffung, Vertrieb und Netzentgelte die Haupttreiber der Preisentwicklung sind. Für diese drei Komponenten entfallen im Jahr 2024 zusammen 15,16 Cent je kWh, das sind 6,44 Cent je kWh (-29,8 %) weniger als im Jahr 2023. Ebenfalls rückläufig waren zudem die Stromsteuer, die von 1,54 Cent je kWh im Jahr 2023 auf 0,05 Cent je kWh im Jahr 2024 gesunken ist, und der KWK-Aufschlag (-0,08 Cent je kWh bzw. -23,0 %). Demgegenüber haben sich die § 19-Umlage (+0,14 Cent je kWh bzw. +53,8 %) und die Offshore-Umlage (+0,07 Cent je kWh bzw. +11,0 %) erhöht.

Abbildung 69: Entwicklung des Strompreises bei Neuabschluss für Industrieunternehmen mit einem Jahresverbrauch von bis zu 20 GWh in Deutschland nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010, 2015 und 2020-2024 (in Cent je kWh)



* Stand: Juli 2024

** Offshore-Haftungsumlage 2015 und 2017 wegen Nachverrechnung negativ

Quelle: BDEW 2024

Entwicklung des Großhandelsstrompreises

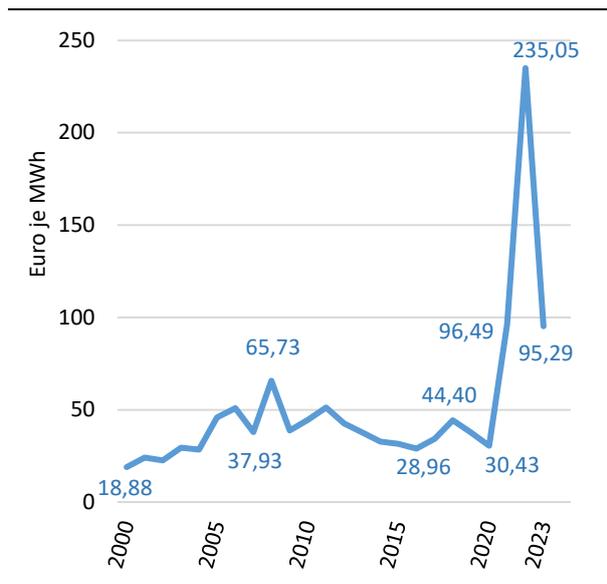
Der weitaus größte Teil des Stromgroßhandels – etwa drei Viertel – findet in Deutschland direkt zwischen den großen Stromerzeugern und -abnehmern bilateral und außerbörslich statt. Entsprechend werden an den eigentlichen Strombörsen – für Deutschland sind dies die European Energy Exchange EEX in Leipzig und die European Power 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 2023 als Jahresdurchschnittswert abgebildet (siehe

Abbildung 70). Beginnend im Jahr 2000 mit einem Preis von 18,88 Euro pro MWh Strom zeichnet sich im Zeitverlauf zunächst eine Aufwärtsentwicklung bis zum Jahr 2008 auf einen Wert von 65,73 Euro je MWh ab, danach war der Strompreis unter Schwankungen bis zum Jahr 2020 tendenziell wieder rückläufig.

Abbildung 70: KWK-Index zur Preisentwicklung des an der EEX für Deutschland gehandelten Grundlaststroms 2000-2023 (in Euro je MWh)



Quelle: European Energy Exchange 2024.

Im zweiten Quartal 2020 waren im Schnitt nur 20,26 Euro je MWh zu zahlen, das war der niedrigste Strompreis seit dem Jahr 2000. Seitdem haben sich die Strompreise allerdings rasant verteuert. Ursächlich waren steigende Energierohstoffpreise und Emissionszertifikatspreise (EU-ETS), die Stilllegung von Kraftwerkskapazitäten insbesondere der Atomkraftwerke Grohnde, Gundremmingen C und Brokdorf zum Jahresende 2021, eine witterungsbedingt geringe Stromerzeugung aus Windkraftanlagen in der ersten Jahreshälfte 2021 und die allgemeine Verteuerung der Energiepreise durch den Russland-Ukraine-Krieg, wovon auch der Strompreis betroffen war. Im Jahresdurchschnitt 2021 erhöhte sich der Grundlastpreis für Strom auf 96,49 Euro je MWh. Wobei im vierten Quartal 2021 – also noch vor Kriegsbeginn – bereits 178,97 Euro je MWh zu zahlen waren. Im Jahresdurchschnitt 2022 schnellte der Strompreis dann auf 235,05 Euro je MWh, fast eineinhalbmals so viel wie ein Jahr zuvor. Dabei markierte das dritte Quartal 2022 mit 375,75 Euro je MWh ein bisheriges Rekordniveau. Im vierten Quartal 2022 setzte dann eine Entspannung auf 192,84 Euro je MWh ein, was sich im Verlauf des Jahres 2023, mit einem Durchschnittsstrompreis von 95,29 Euro

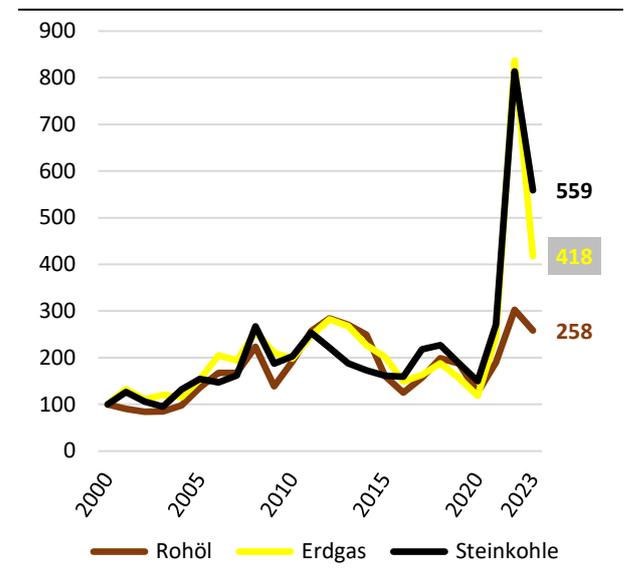
je MWh, und im ersten Quartal 2024, mit durchschnittlich 67,67 Euro je MWh, weiter fortsetzte.

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 71 ist die Preisentwicklung dieser drei fossilen Energieträger als Index 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 (SKE) bei 42 Euro. Durch den Russland-Ukraine-Krieg sind alle drei Rohstoffpreise im Jahr 2022 regelrecht explodiert. Für die entsprechende Menge Rohöl musste 690 Euro, für Erdgas 24.000 Euro und für Steinkohle 340 Euro gezahlt werden. Anhand der Indexwerte wird die Verteuerung deutlich, für Erdgas stieg der Indexwert im Jahresdurchschnitt 2022 auf 837, für Steinkohle auf 814 und für Rohöl auf 303. Damit lagen die Energiepreise für Erdgas und Kohle mehr als achtmal bzw. für Erdöl mehr als dreimal so hoch wie im Basisjahr 2000.

Abbildung 71: Preisentwicklung energetischer Rohstoffeinfuhren in Deutschland 2000-2022 (nominal; Index 2000 = 100)



Quelle: Destatis 2024b.

Im Jahr 2023 haben sich die Preise aller drei Energierohstoffe wieder deutlich verbilligt. Mit zuletzt knapp 12.000 Euro je TJ hat sich der Erdgaspreis binnen Jahresfrist wieder halbiert. Die Preisrückgänge bei Steinkohle

(-107 Euro je t bzw. 31,3 %) und Rohöl (-101 Euro je t bzw. 14,7 %) fielen etwas schwächer aus.

Entwicklung der Preise für CO₂-Emissionen

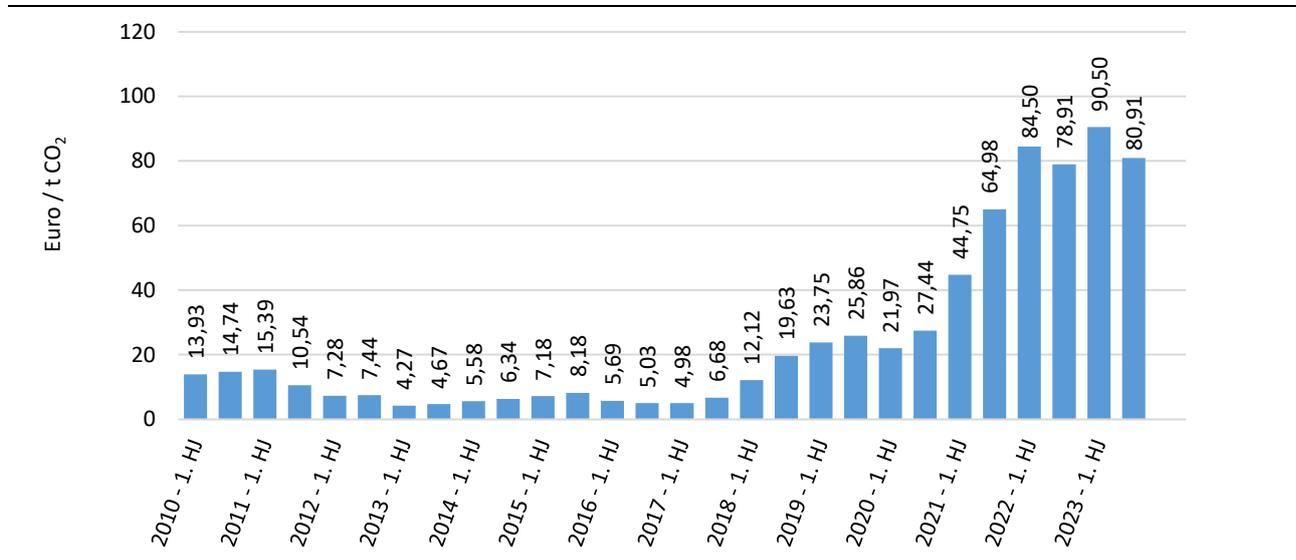
Mit Einführung des Europäischen Emissionshandelssystems (EU ETS) im Jahr 2005 müssen Betreiber von fossilen Kraftwerken und energieintensiven Produktionsanlagen europaweit Zertifikate für den Ausstoß von Treibhausgasen kaufen. Ein Zertifikat entspricht dem Ausstoß von einer Tonne CO₂. Die Zertifikate 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 72 ist – beginnend im Jahr 2010 – die Entwicklung der Zertifikatspreise für CO₂-Emissionen im EU ETS, die bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen entstehen, in Halbjahresschritten dargestellt. Es wird ersichtlich, dass sich die Preisentwicklung bereits

im Laufe des Jahres 2021 deutlich beschleunigt hat und sich dies auch im Jahr 2022 sowie abgeschwächt im Jahr 2023 fortgesetzt hat. Im Ergebnis konnte sich dadurch die Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Energien im Vergleich zu fossilen Energieträgern weiter deutlich verbessern.

Dies ist auch das Ziel der Einführung des nationalen Emissionshandels für die Sektoren Verkehr und Wärme zu Jahresbeginn 2021 in Deutschland. Diese beiden Sektoren sind bisher nicht über den europäischen Emissionshandel abgedeckt. Durch das Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG) müssen in Deutschland seit dem 1. Januar 2021 Unternehmen, die Diesel und Benzin, Heizöl und Erdgas verkaufen, 25 Euro pro verursachter Tonne CO₂ zahlen. 2022 stieg der Preis auf 30 Euro an. Für 2023 war ursprünglich eine weitere Erhöhung auf 35 Euro vorgesehen. Wegen der hohen Preissteigerungen für Energie wurde darauf verzichtet und die Anhebung auf das Jahr 2024 verschoben.

Abbildung 72: Halbjahresentwicklung der Preise für CO₂-Emissionen 1. Halbjahr 2010 bis 2. Halbjahr 2023 nach EU ETS (in Euro je t CO₂)



Quelle: Deutsche Börse 2024.

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 durch die Energiewende auch erhebliche Chancen, eine Technologieführerschaft in weltweit zukunftssträchtigen Bereichen zu erlangen.

Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

In Hessen wurden im Jahr 2023 Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Höhe von insgesamt 1,93 Mrd. Euro getätigt. Dies waren 904 Mio. bzw. 88,1 Prozent mehr als im Vorjahr und der mit Abstand höchste bisher erhobene Investitionswert in erneuerbare Energien (siehe Tabelle 21).³²

Tabelle 21: Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung in Hessen 2011-2023

(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
2022	545,7	480,0	1.025,6
2023	1.225,4	704,3	1.929,6

Quelle: ZSW 2016 bis 2024a.

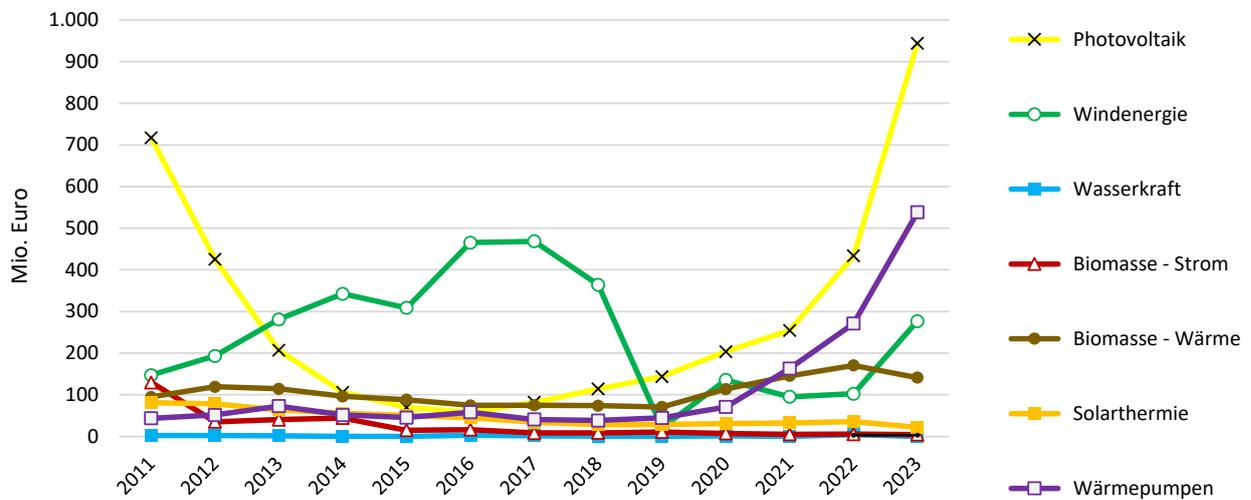
Besonders dynamisch haben sich dabei die Investitionen in Anlagen zur Stromerzeugung entwickelt, die sich um rund 680 Mio. Euro (+124,6 %) erhöht haben. Aber auch die Investitionen in Anlagen zur Wärmeerzeugung sind im Vorjahresvergleich um rund 224 Mio. Euro (+46,7 %) gestiegen.

Differenziert nach einzelnen Anlagearten erzielten Photovoltaikanlagen im Jahr 2023 mit großem Abstand die höchste Investitionssumme mit 944,2 Mio. Euro, ein Plus von 510,5 Mio. Euro bzw. +117,7 Prozent gegenüber dem Vorjahr (siehe Abbildung 73). Es folgen Wärmepumpen mit einer Investitionssumme von 538,4 Mio. Euro (+267,4 Mio. Euro bzw. +98,6 % ggü. dem Vorjahr) und Windenergieanlagen mit 276,9 Mio. Euro (+174,6 Mio. Euro bzw. +170,7 % ggü. dem Vorjahr). Alle anderen Anlagearten zur Strom- und Wärmeerzeugung haben ein geringeres Investitionsvolumen zu verzeichnen als im Jahr zuvor. In Biomasseanlagen zur Wärmeerzeugung wurden im Jahr 2023 zusammen 141,2 Mio. Euro investiert, 29,2 Mio. (-17,1 %) weniger als ein Jahr zuvor, das Investitionsvolumen für Solarthermieanlagen sank um 13,9 Mio. Euro (-39,1 %) auf 21,7 Mio. Euro, für Biomasseanlagen zur Stromerzeugung bezifferte sich das Investitionsvolumen auf 4,3 Mio. Euro, ein Rückgang von 1,1 Mio. Euro (-21,1 %) gegenüber dem Vorjahr. Für Wasserkraftanlagen waren im Jahr 2023 keine Investitionen zu verzeichnen.

Unter der Rubrik tiefe Geothermie werden für das Jahr 2023 Investitionen in Höhe von 3 Mio. Euro ausgewiesen, die vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum finanziert wurden (siehe dazu auch den Beispielkasten am Ende dieses Kapitels).

³² 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 Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien in Hessen (siehe HMWEVL 2016).

Abbildung 73: Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen nach Anlagearten in Hessen 2011-2023 (nominal, in Mio. Euro)



Quelle: ZSW 2016 bis 2024a.

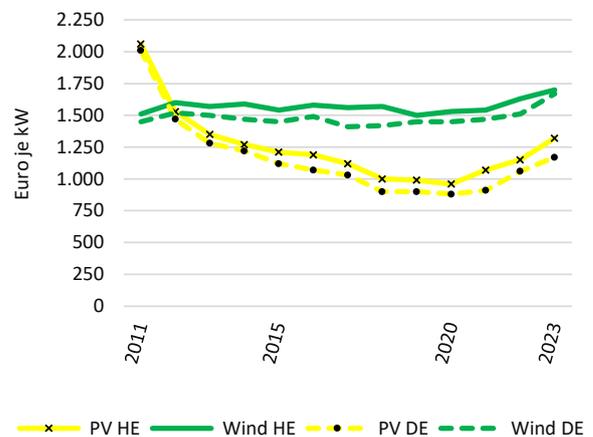
Entwicklung der spezifischen Investitionskosten für Photovoltaik- und Windenergieanlagen

Abbildung 74 zeigt die Entwicklung der mittleren spezifischen Investitionskosten in den Jahren 2011 bis 2023 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.

Bei Photovoltaikanlagen in Hessen und Deutschland ist 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. Demgegenüber entwickeln sich die spezifischen Investitionskosten von Windenergieanlagen über den gesamten Zeitraum bis 2020 mit leichten Schwankungen um das Niveau von 1.500 Euro je kW.

Abbildung 74: Entwicklung der spezifischen Investitionskosten für Photovoltaik- und Windenergieanlagen in Hessen und im Bundesdurchschnitt 2011-2023 (in Euro je kW installierter Leistung)



Quelle: ZSW 2024a.

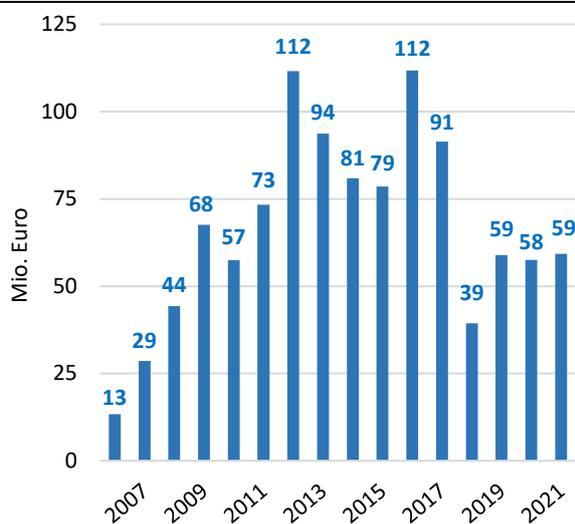
Ab dem Jahr 2020 bzw. mit Beginn der Corona-Pandemie ist bei beiden Energieanlagen ein deutliches Ansteigen der Investitionskosten je kW zu beobachten. Ursächlich für diese Verteuerung dürften zunächst Lieferengpässe infolge der Corona-Pandemie gewesen sein, da die Null-Covid-Strategie Chinas, dem wichtigsten Hersteller von PV-Anlagen weltweit, erst gegen Jahresende 2022 gelockert wurde. Der Kostenanstieg setzte sich aber auch im Jahr 2023 aufgrund allgemein hoher

Inflationsraten weiter fort. So verteuerte sich die Installation von PV-Anlagen je kW im Jahr 2023 in Hessen um 170 Euro (+14,8 %) und im Bundesdurchschnitt um 110 Euro (+10,4 %). Die Investitionskosten für PV-Anlagen lagen im Schnitt in Hessen je kW bei 1.320 Euro und in Deutschland bei 1.170 Euro. Demgegenüber verlief die Entwicklung bei Windenergieanlagen für Hessen mit einem Anstieg je kW installierter Leistung von 70 Euro (+4,3 %) deutlich niedriger als im Bundesdurchschnitt (+160 Euro bzw. +10,6 %), wodurch sich die Kosten für Windenergieanlagen in Hessen (1.700 Euro je kW) und Deutschland (1.670 Euro je kW) weiter annäherten.

Investitionen hessischer Unternehmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien

Abbildung 75 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 2021.

Abbildung 75: Investitionen hessischer Betriebe des Produzierenden Gewerbes zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien 2006-2021 (nominal, in Mio. Euro)



Quelle: HSL 2024a.

Demnach lag die Investitionssumme im Jahr 2021 bei insgesamt 59,3 Mio. Euro und damit um 1,7 Mio. Euro bzw. 3,0 Prozent höher als im Vorjahr. Mit 42,3 Mio. Euro entfällt der weitaus größte Teil des Investitionsvolumens auf Aktivitäten zur Steigerung der Energieeffizienz. Rund 17 Mio. Euro wurden von Unternehmen des Produzierenden Gewerbes zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2021 investiert.

10.3 Beschäftigung im Energiebereich

Die mit der Energiewende einhergehenden Umstrukturierungen des Energiesystems haben auch Auswirkungen auf die Anzahl und Zusammensetzung der Beschäftigten auf dem Arbeitsmarkt. Dabei können positiven Beschäftigungseffekten durch den Ausbau der erneuerbaren Energien und durch Energieeffizienzmaßnahmen auch negative Substitutionseffekte z. B. durch den Abbau von Arbeitsplätzen in konventionellen Kraftwerken gegenüberstehen.

Beschäftigungsentwicklung in der konventionellen Energiewirtschaft

Im Jahr 2023 waren in Hessen 14.374 Menschen in Energieversorgungsunternehmen, die überwiegend der konventionellen Energiewirtschaft zugeordnet werden, tätig (siehe Abbildung 76).³³ Dies sind 548 Personen bzw. 4,0 Prozent mehr als im Jahr zuvor und damit wieder ein neuer Höchststand im betrachteten Zeitraum von 2000 bis 2023.³⁴

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 359 Beschäftigten bzw. 3,7 Prozent. Der Zuwachs in der Gasversorgung beziffert sich auf 186 Arbeitsplätze (+5,8 %). In der Fernwärmeversorgung blieb die Zahl der Arbeitsplätze mit einem Plus von 3 (+0,3 %) nahezu unverändert. Die Beschäftigten verteilen sich ähnlich wie im Vorjahr zu 70 Prozent auf die Elektrizitätsversorgung, zu 24 Prozent auf die Gasversorgung und zu gut 6 Prozent auf die Fernwärmeversorgung.

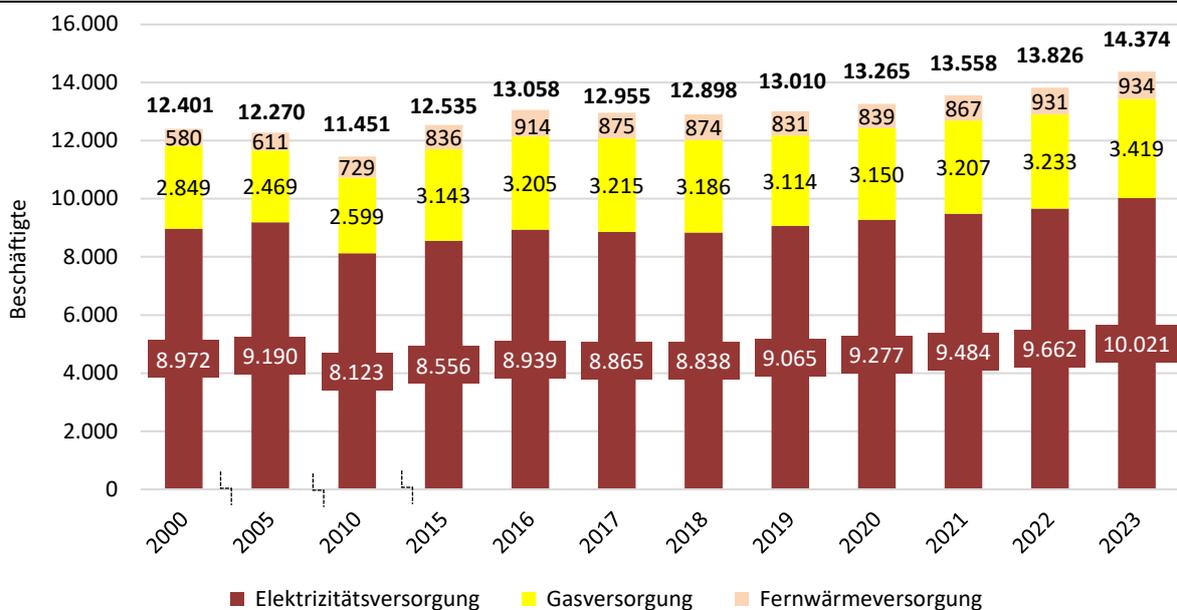
Langfristig hat im überwiegend konventionellen Energiebereich die Zahl der Beschäftigten tendenziell zugenommen. So gab es im Jahr 2023 insgesamt fast 2.000 Arbeitsplätze mehr (+15,9 %) als im Jahr 2000.

³³ 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, mit erfasst.

³⁴ 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.

Dabei hat die Zahl der Arbeitsplätze am absolut stärksten in der Elektrizitätsversorgung um 1.049 bzw. 11,7 Prozent, in der Gasversorgung um 570 bzw. 20,0 Prozent und in der Fernwärmeversorgung um 354 bzw. 61,0 Prozent zugenommen.

Abbildung 76: Beschäftigungsentwicklung in Energieversorgungsunternehmen in Hessen 2000-2023



Quelle: HSL 2024a; Basis sind monatliche Durchschnittswerte für Beschäftigte nach fachlichen Betriebsteilen in Betrieben mit im Allgemeinen 20 und mehr Beschäftigten.

Beschäftigungsentwicklung durch erneuerbare Energien

Die Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) beobachtet die Beschäftigungsentwicklung durch erneuerbare Energien seit vielen Jahren und hat nun eine Aktualisierung auf Ebene von Bundesländern bis zum Jahr 2021 erstellt (GWS 2023). Betrachtet wird dabei die Bruttobeschäftigung. Diese umfasst sowohl alle Personen, die direkt in der Branche erneuerbare Energien z. B. in der Herstellung, dem Betrieb und der Wartung von Anlagen oder mit der Bereitstellung von Brennstoffen beschäftigt sind. Zudem werden auch Personen berücksichtigt, die indirekt für die Branche erneuerbare Energien beschäftigt sind, z. B. in der Erstellung von Zulieferungen, Vorleistungen und unterstützenden Dienstleistungen in anderen Wirtschaftsbereichen.

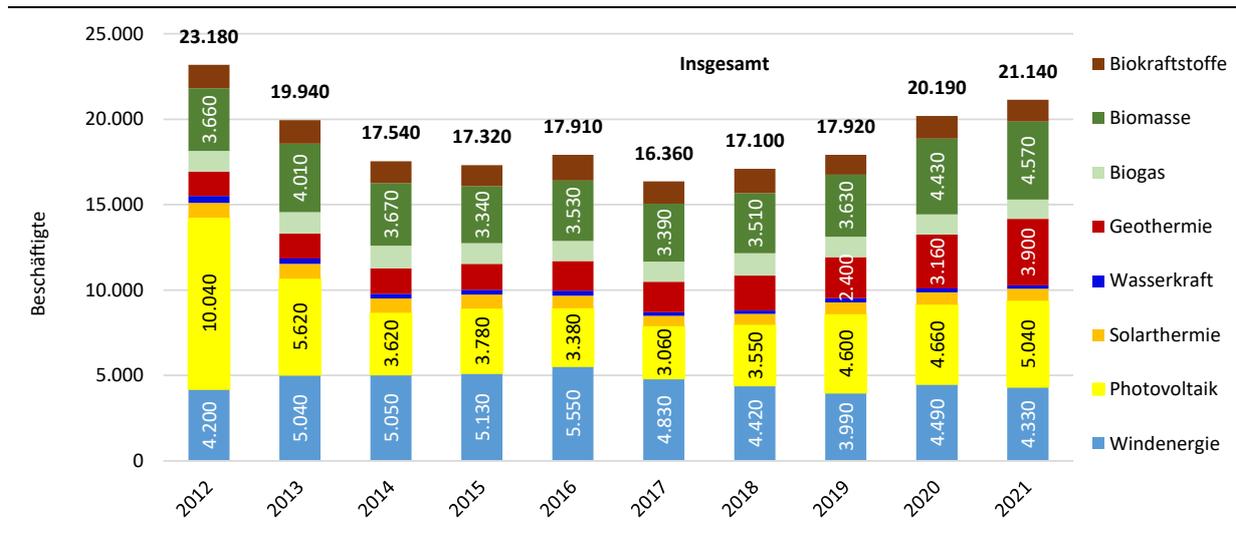
Demnach waren im Jahr 2021 in Hessen insgesamt 21.140 Personen mit der Herstellung sowie dem Betrieb und der Wartung erneuerbarer Energieanlagen beschäftigt (siehe Abbildung 77). Das waren fast 1.000

Beschäftigte bzw. 4,7 Prozent mehr als im Vorjahr. Damit hat sich der seit 2017 zu beobachtende Beschäftigungsaufbau im Bereich erneuerbare Energien auch während der Corona-Pandemie weiter fortgesetzt.

Differenziert nach einzelnen Anlagearten ist diese positive Entwicklung zwischen 2017 und 2021 vor allem auf die Bereiche Geothermie (+2.130 Beschäftigte bzw. +120 %), Photovoltaik (+1.980 Beschäftigte bzw. +65 %) sowie Biomasse (+1.180 Beschäftigte bzw. +35 %) zurückzuführen. Demgegenüber sank die Zahl der Beschäftigten im Bereich Windenergie um 500 Personen bzw. um 10 Prozent.

In allen übrigen Bereichen fielen die Veränderungen der Beschäftigtenzahlen zusammengenommen gering aus. So standen Beschäftigungszuwächsen in der Solarthermie in Höhe von 100 Personen (+16,7 %) Abnahmen in zusammengenommen fast gleicher Höhe bei Biogas (-60 Arbeitsplätze bzw. -5,0 %), bei Biokraftstoffen (-30 Arbeitsplätze bzw. -2,3 %) und bei der Wasserkraft (-20 Arbeitsplätze bzw. -9,1 %) gegenüber.

Abbildung 77: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Hessen 2012-2021



Quelle: GWS 2023.

In Tabelle 22 sind die längerfristigen Beschäftigungsveränderungen im Zeitraum von 2012 bis 2021 für Hessen und Deutschland gegenübergestellt. Sowohl in Hessen als auch in Deutschland insgesamt waren im Bereich erneuerbare Energien im Jahr 2021 weniger Menschen beschäftigt als zehn Jahre zuvor. Dabei fiel der Beschäftigungsrückgang in Hessen (-9 %) etwas schwächer aus als in Deutschland (-11 %). Mit Blick auf die einzelnen Energieträger können die Entwicklungen vor allem aufgrund struktureller Unterschiede teilweise sehr deutlich voneinander abweichen.

2012, im Ausgangsjahr der Betrachtungen, prägte in Hessen die Photovoltaik mit einem Beschäftigtenteil von 43 Prozent fast zur Hälfte die Beschäftigungsstruktur der erneuerbaren Energien. Da der entsprechende Anteil für Deutschland mit 29 Prozent deutlich niedriger lag, bestand diese hohe PV-Konzentration auf Bundesebene nicht. Infolge von Absenkungen der Vergütungssätze durch die EEG-Reform 2012 und eines hohen Wettbewerbsdrucks durch Billigimporte aus China sind innerhalb von zwei Jahren die Beschäftigtenzahlen der PV-Industrie in Hessen und Deutschland um fast zwei Drittel gesunken. Zum Teil konnte dieser Verlust durch die seit 2017 zu beobachtende Beschäftigtenzunahme wieder kompensiert werden, erreichte aber auch im Jahr 2021 in Hessen und Deutschland nur die Hälfte des Niveaus des Jahres 2012. Der Beschäftigtenanteil der PV-Industrie lag in Hessen zuletzt bei knapp einem Viertel (24 %) und in Deutschland bei 16 Prozent.

Im Gegensatz zur Photovoltaik konnte die Beschäftigung im Bereich Geothermie über den Gesamtzeitraum hohe Zuwächse verzeichnen. In Hessen verlief die längerfristige Entwicklung mit einer Zunahme von 175 Prozent dabei deutlich dynamischer als im Bundesdurchschnitt (+99 %). Mit dazu beigetragen hat die stetig steigende Nachfrage nach Wärmepumpen. Mit Viessmann (Allendorf/Eder) und Bosch Thermotechnik (Wetzlar) haben zwei bedeutende Hersteller von Wärmepumpen ihren Sitz in Hessen. Durch diese positive Entwicklung verdreifachte sich der Beschäftigtenanteil der Geothermie in Hessen von 6 Prozent auf 18 Prozent und lag damit fast doppelt so hoch wie im Bundesdurchschnitt, wo sich der entsprechende Anteil von 5 Prozent auf 10 Prozent erhöhte.

Im Jahr 2021 war die Biomasse im waldreichen Hessen der zweitgrößte Beschäftigungsbereich innerhalb der erneuerbaren Energien mit einem Anteil von 22 Prozent (Bundesdurchschnitt: 16 %). Dabei stieg die Beschäftigtenzahl in Hessen seit 2012 um 25 Prozent und damit deutlich dynamischer als in Deutschland (+15 %).

An dritter Stelle folgt in Hessen die Windenergie mit einem Beschäftigtenanteil von 20 Prozent im Jahr 2021. In Deutschland liegt der entsprechende Anteilswert mit 37 Prozent fast doppelt so hoch. Im Zeitverlauf seit 2012 verlief die Beschäftigungsentwicklung sowohl in Hessen (+3 %) als auch in Deutschland (+5 %) vergleichsweise moderat.

Tabelle 22: Beschäftigungsentwicklung im Bereich erneuerbare Energien in Hessen und Deutschland nach Energieträgern 2012–2021 (Veränderungsraten und Strukturangaben in %)

Energieträger	Hessen:			Deutschland:		
	Veränderung 2012–2021	Struktur im Jahr		Veränderung 2012–2021	Struktur im Jahr	
		2012	2021		2012	2021
Windenergie	3%	18%	20%	5%	32%	37%
Photovoltaik	-50%	43%	24%	-50%	29%	16%
Solarthermie	-19%	4%	3%	-44%	3%	2%
Wasserkraft	-51%	2%	1%	-46%	3%	2%
Geothermie	175%	6%	18%	99%	5%	10%
Biogas	-7%	5%	5%	-5%	10%	11%
Biomasse	25%	16%	22%	15%	12%	16%
Biokraftstoffe	-7%	6%	6%	-18%	6%	6%
Insgesamt	-9%	100%	100%	-11%	100%	100%

Quelle: GWS (2017) und GWS (2023).

10.4 Forschung und Entwicklung

Die Forschungsförderung im Energiebereich leistet einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der Energiewende und zur Sicherung der Energieversorgung. Ziel der Energieforschung ist, das Energiesystem effizienter zu machen und gleichzeitig den Anteil von erneuerbarem Strom im Netz deutlich zu steigern. Dies erfordert erhebliche technologische Innovationen in nahezu allen Komponenten des Energiesystems. Im Folgenden werden die Aktivitäten der Forschungsförderung des Landes Hessen und die Forschungsförderprogramme des Bundes dargestellt sowie ein kurzer Blick auf die Europäische Energieforschungsförderung gelegt. Abschließend wird die Entwicklung von Patenten im Bereich erneuerbarer Energien in Hessen im Bundesländervergleich dargestellt.

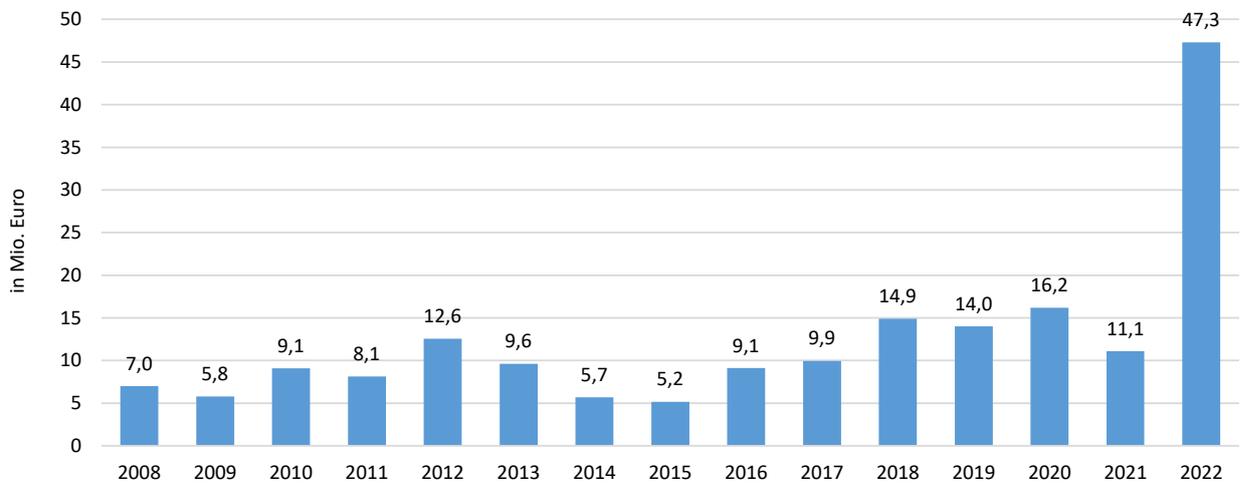
Förderung der Energieforschung des Landes Hessen

Im Jahr 2022 hat das Land Hessen im Bereich der nicht nuklearen Energieforschung Mittel in Höhe von insgesamt 47,3 Mio. Euro aufgebracht.³⁵ Damit lag Hessen hinter Niedersachsen (141,9 Mrd. Euro), Bayern (80,8 Mrd. Euro) und Baden-Württemberg (74,7 Mrd. Euro) auf dem vierten Platz aller Bundesländer (BMWK 2024d). Gegenüber dem Vorjahr ist für Hessen eine deutliche Zunahme festzustellen (siehe Abbildung 78), was

jedoch im Wesentlichen auf eine geänderte Erfassung zurückzuführen ist. So ist neben der Projektförderung in Höhe von 15,2 Mio. Euro nun auch die institutionelle Förderung in Höhe von 32,1 Mio. Euro einbezogen. Mit 31,4 Mio. Euro war dabei das Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE in Kassel der wichtigste Fördermittelempfänger.

Gemessen am Mittelvolumen lagen die Schwerpunkte der Energieforschungsförderung in Hessen auf den Förderbereichen Stromnetze (9,7 Mio. Euro), Elektromobilität (8,7 Mio. Euro) und Windenergie (7,2 Mio. Euro). Weitere wichtige Förderbereiche waren Wasserstofftechnologien (4,9 Mio. Euro), Energiespeichertechnologien (4,7 Mio. Euro), Geothermie (4,1 Mio. Euro) sowie Solarthermie und Photovoltaik (3,6 Mio. Euro) (PTJ 2023a).

³⁵ Die Angaben umfassen ausschließlich den von den Ländern aufgebrauchten Eigenanteil. Über EU-Beteiligungsfinanzierungen aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) fließen noch zusätzliche Mittel in die Energieforschungsförderung der Länder ein.

Abbildung 78: Förderung der Energieforschung des Landes Hessen 2008-2022 (nominal, in Mio. Euro)

Anmerkung: Aufgrund einer Umstellung der Erfassung ist der Wert für 2022 nicht mit den Vorjahren vergleichbar.

Quelle: BMWK 2024d; für das Jahr 2014 korrigierte Zahl.

Bundesförderung der Energieforschung

Der Bund hat im Jahr 2023 im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms Fördermittel in Höhe von insgesamt 1,46 Mrd. Euro (2022: 1,49 Mrd. Euro) für Forschung, Entwicklung und Demonstration von Energie- und Effizienztechnologien zur Verfügung gestellt (BMWK 2024d). Mit insgesamt 1,08 Mrd. Euro entfiel der größte Teil auf die Projektförderung, womit 7.570 laufende Vorhaben unterstützt und 1.796 Projekte neu bewilligt wurden. Die wichtigsten Themenbereiche sind Energieerzeugung (22,5 %), strategische Förderformate (20,6 %), Systemintegration: Netze, Speicher, Sektorkopplung (20,4 %), Energiewende in den Verbrauchssektoren (16,6 %) sowie systemübergreifende Forschungsthemen der Energiewende (15,2 %).

Zu den strategischen Förderformaten zählen die Reallabore der Energiewende und die Wasserstoff-Leitprojekte:

- Mit den Reallaboren der Energiewende sollen innovative Technologien und Verfahren im realen Umfeld und industriellen Maßstab erprobt werden. Ziel ist es, neue Energietechnik schneller zur Marktreife zu bringen und damit den Technologietransfer zu beschleunigen. In Hessen ist das im Mai 2021 gestartete Reallabor „DELTA – Darmstädter Energie-Labor für Technologien in der Anwendung“ verortet, eines der bundesweit aktuell 13 Vorhaben. Im Reallabor DELTA soll demonstriert werden, dass die technisch nachgewiesenen Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz und -flexibilisierung von urbanen Quartieren wirtschaftlich umsetzbar sind und diese auch gesellschaftlich akzeptiert werden. Dabei wird ein

mehrschichtiger, sektorenübergreifender Ansatz verfolgt. Aktuelle Informationen zum Forschungsvorhaben finden sich unter www.delta-darmstadt.de (PTJ 2024b).

- Die Wasserstoff-Leitprojekte sind ein zentraler Beitrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie. Das Projekt H₂Giga widmet sich dabei der serienmäßigen Herstellung von Wasser-Elektrolyseuren. Im Projekt H₂Mare werden Möglichkeiten erforscht, Wasserstoff und seine Folgeprodukte direkt auf See mithilfe von Windrädern zu produzieren. Und das Projekt TransHyDE entwickelt, bewertet und demonstriert Technologien zum Wasserstofftransport. Bei allen drei Leitprojekten sind zahlreiche hessische Forschungsinstitutionen und Unternehmen als Projektpartner beteiligt (BMBF 2024).

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz stellt im Informationssystem EnArgus Daten zu laufenden und abgeschlossenen Forschungsvorhaben zur Energieforschung bereit. Für Hessen waren in EnArgus zum 30. Juni 2024 insgesamt 3.018 Förderprojekte aufgeführt. Dies bedeutet gegenüber dem ersten Halbjahr 2023 eine Zunahme von 139 Förderprojekten. Tabelle 23 stellt die in den Jahren 2022, 2023 und im ersten Halbjahr 2024 neu bewilligten Projekte differenziert nach der Förder-summe der Forschungsvorhaben dar.

Tabelle 23: Anzahl der in Hessen von 2022 bis zum 30.06.2024 neu bewilligten Förderprojekte zur Energieforschung nach Fördersumme (nominal, in Euro)

Fördersumme in Euro	2022	2023	30.06.2024
< 100.000	67	45	9
100.000 bis < 200.000	33	30	12
200.000 bis < 500.000	56	60	19
500.000 bis < 1 Mio.	30	23	11
> 1 Mio.	24	18	8
Insgesamt	210	176	59

Quelle: PTJ 2024c.

Im Mai 2024 wurde die Förderbekanntmachung im Rahmen des 8. Energieforschungsprogramms zur angewandten Energieforschung „Forschungsmissionen für die Energiewende“ veröffentlicht. Im Fokus des neuen Programms, welches das 7. Energieforschungsprogramm ablöst, steht eine sektor- und themenübergreifende Projektförderung. Leitlinien bilden fünf Missionen, die an den energiepolitischen Zielen der Bundesregierung ausgerichtet und nachfolgend mit den jeweiligen Programmzielen dargestellt sind (BMWK 2023b).

Forschungsmissionen des 8. Energieforschungsprogramms mit jeweiligen Programmzielen

Mission Energiesystem 2045:

1. Zielbild und Transformationspfade für das Energiesystem 2045 weiterentwickeln
2. Gesamteffizienz des Energiesystems verbessern
3. Resilienz und Versorgungssicherheit im Energiesystem sicherstellen
4. Nachhaltigkeit im Energiesystem erhöhen
5. Die Transformation wirtschaftlich und balanciert gestalten

Mission Wärmewende 2045:

1. Wärme- und Kältebedarf in Gebäuden klimaneutral und nachhaltig decken
2. Wärme- und Kälteversorgung in Industrie und Gewerbe defossilisieren und effizienter machen
3. Robuste Infrastruktur zum effizienten Verteilen und Speichern von Wärme und Kälte gestalten
4. Flexibilitätspotenzial des Wärme- und Kältesektors nutzen

Mission Stromwende 2045:

1. Strom aus erneuerbaren Energien effizient und nachhaltig erzeugen
2. Stabiles Stromnetz für eine zuverlässige Stromversorgung garantieren
3. Strom effizient nutzen und speichern
4. Dezentrale Stromerzeuger und -verbraucher effizient vernetzen

Mission Wasserstoff 2030:

1. Grünen Wasserstoff und seine Derivate effizient erzeugen
2. Resiliente Wasserstoffinfrastruktur entwickeln und erproben
3. Effizienz bei der flexiblen Rückverstromung von grünem Wasserstoff erhöhen
4. Industrieprozesse auf effiziente Wasserstofftechnologien umstellen
5. Effizienz bei der flexiblen Rückstromversorgung von grünem Wasserstoff erhöhen

Mission Transfer:

1. Verfügbarkeit von qualifiziertem Fachpersonal für die Energiewende ausbauen
2. Innovations- und Portfoliomanagement in der Energieforschung festigen
3. Agile Prozesse und Formate nutzen dem Programmziel. Agilität bedeutet dabei kurze Umsetzungsfristen, eine hohe Reflexivität auf neue Erkenntnisse und eine hohe Flexibilität bei unvorhergesehenen Ereignissen und neuen Anforderungen.
4. Technologisches Innovationspotenzial erschließen sowie Wertschöpfungsketten erhalten und ausbauen
5. Akzeptanz und Nachnutzungsmöglichkeiten in der Energieforschung durch Prinzipien der offenen Wissenschaft steigern

Als neues Förderformat wurden auch Mikroprojekte mit im Vergleich zu den bestehenden Förderformaten kurzen Projektlaufzeiten (i. d. R. 6 Monate) eingeführt, um damit einen niederschweligen Zugang zur Forschungsförderung zu bieten und schnell zur Umsetzung gelangen zu können. Im zentralen Web-Portal www.energieforschung.de werden laufend Informationen zum neuen Energieforschungsprogramm und auch Forschungsergebnisse dargestellt.

Auch außerhalb des Energieforschungsprogramms fördert die Bundesregierung Maßnahmen zur Innovationsförderung im Energiebereich. Beispielhaft genannt sei das Gesamtkonzept Erneuerbare Kraftstoffe, das vier Fördermaßnahmen umfasst:

- Entwicklung regenerativer Kraftstoffe
- Entwicklungsplattform für Power-to-Liquid-Kraftstoffe
- Investitionen in Erzeugungsanlagen
- Markthochlauf von strombasiertem Kerosin

Nachfolgend werden die geförderten Projekte in Hessen bzw. mit Beteiligung hessischer Partner aufgeführt (BMDV 2024):

- RePoSe: Real time Power Supply for e-fuels – PtL-Produktion bei variabler Stromverfügbarkeit (Frankfurt): Erprobt wird der Betrieb einer Power-to-Liquid-Anlage unter den Bedingungen einer variablen Stromversorgung auf Basis erneuerbarer Energien.
- OVAG-HyWind: Oberhessische Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH Wasserstoff aus Windkraft (Friedberg): Durch den Einsatz von Strom aus Windkraft in Elektrolyseuren wird grüner Wasserstoff produziert. Das Projekt wird durch das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) gefördert.
- WASTELY_AKKS_01ELY: Wasserstoffe für Hausmüllsammelfahrzeuge (Kassel): Errichtung einer Elektrolyseanlage zur Erzeugung von grünem Wasserstoff für den Betrieb von zwei Hausmüllsammelfahrzeugen. Das Projekt wird durch das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) gefördert.
- InnoFuels: Vernetzung, Weiterentwicklung und Rahmenbedingungen zum Hochlauf strombasierter Kraftstoffe und fortschrittlicher Biokraftstoffe: Die Innovationsplattform vernetzt deutschlandweit Vorhaben und Pilotanlagen aus Industrie- und Forschungspartnern. Verbundkoordinator ist das

Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), geförderte Projektpartner sind u. a. die Hochschule RheinMain und die Hessen Trade & Invest GmbH, Unterstelle CENA.

Europäische Energieforschung

Im Energiebereich von Horizont Europa, dem Forschungsrahmenprogramm der EU, wurden im Jahr 2022 Fördermittel in Höhe von 833 Mio. Euro für insgesamt 129 Verbundprojekte bereitgestellt. Deutschland ist dabei an 98 Projekten mit 216 Projektteilnehmenden beteiligt, die Fördersumme liegt bei 134,5 Mio. Euro. Damit liegt Deutschland vor Spanien an erster Stelle der eingeworbenen Fördergelder. Mit einem Anteil von 44,4 Prozent am Fördervolumen insgesamt lag der Fokus klar im Bereich erneuerbare Energien. Weitere Schwerpunkte bildeten die Themenfelder Energiesysteme (Netze und Speicher) mit einem Anteil von 25,9 Prozent und Batterietechnologien mit einem Anteil von 19,9 Prozent (BMWK 2024d).

Mit dem EU-Innovationsfonds werden Hochtechnologien und wegweisende industrielle Innovationen zur Senkung der CO₂-Emissionen gefördert, dabei insbesondere Demonstrationsvorhaben im Bereich der erneuerbaren Energien, Kohlenstoffabscheidung, -nutzung und -speicherung, Energiespeicherung sowie Projekte in energieintensiven Industrien. Der Schwerpunkt der Förderung liegt auf Vorzeigeprojekten mit europäischem Mehrwert, die zu erheblichen Emissionsminderungen beitragen. Der EU-Innovationsfonds ist eines der weltweit größten Finanzierungsprogramme für die Demonstration innovativer CO₂-armer Technologien. Ziel ist es, industrielle Lösungen zur Dekarbonisierung Europas auf den Markt zu bringen. Das Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (kei) unterstützt die Bewerbung deutscher Vorhaben (<https://www.klimaschutz-industrie.de/foerderung/nationale-kontaktstelle-eu-innovationsfonds/>).

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 24).

Da die Daten für das Jahr 2023 noch nicht vollständig vorliegen, sind in Tabelle 24 die Jahre 2013 bis 2022 berücksichtigt.³⁶ Um Jahresschwankungen abzu-

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

schwächen, werden die Angaben für jeweils vier Jahre in insgesamt sieben Zeiträume zusammengefasst. Zeitraum I umfasst demnach die Patentanmeldungen der Jahre 2013 bis 2016 und Zeitraum VII die Patentanmeldungen der Jahre 2019 bis 2022.

In Deutschland wurden im Zeitraum von 2013 bis 2016 insgesamt 1.934 Patente im Bereich erneuerbarer Energien angemeldet. Im Zeitraum von 2019 bis 2022 waren es 1.301, was einem Rückgang um ein Drittel (-33 %) entspricht. In Hessen fällt der entsprechende relative Rückgang deutlich niedriger aus (-17 %). Hier nahm die Zahl von 95 Patentanmeldungen im Zeitraum I auf 79 im Zeitraum VII ab.

Die im Vergleich zu einigen 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.

Tabelle 24: Anzahl der Patente im Bereich erneuerbarer Energien in den Bundesländern 2013-2022

	Zeitraum I	Zeitraum II	Zeitraum III	Zeitraum IV	Zeitraum V	Zeitraum VI	Zeitraum VII	Veränderung von I zu VII
	2013-2016	2014-2017	2015-2018	2016-2019	2017-2020	2018-2021	2019-2022	
Baden-Württemberg	342	301	243	240	215	213	228	-33%
Bayern	384	354	318	314	279	254	248	-35%
Berlin	69	67	63	58	56	54	41	-41%
Brandenburg	29	25	28	32	29	29	25	-14%
Bremen	8	7	8	17	17	18	17	113%
Hamburg	141	161	203	184	153	102	43	-70%
Hessen	95	89	75	84	76	72	79	-17%
Mecklenburg-Vorpomm.	31	26	25	17	14	11	11	-65%
Niedersachsen	230	236	254	256	196	162	139	-40%
Nordrhein-Westfalen	210	256	269	281	272	220	198	-6%
Rheinland-Pfalz	67	61	74	66	40	38	24	-64%
Saarland	12	9	7	11	13	15	16	33%
Sachsen	167	127	76	80	77	94	112	-33%
Sachsen-Anhalt	64	65	76	59	62	72	70	9%
Schleswig-Holstein	46	48	53	51	45	36	34	-26%
Thüringen	39	24	19	21	15	15	16	-59%
Deutschland	1.934	1.856	1.791	1.771	1.559	1.405	1.301	-33%

Quelle: ZSW 2024b (Stand: 17.06.2024).

Energien zurückzuführen. Da im Bereich Biomasse zwei weitere IPC-Kennziffern hinzukamen, wurden alle enthaltenen Jahrgänge nochmals gesondert ausgewertet und aktualisiert. Dadurch liegen die in der Tabelle ausgewiesenen Zahlen in allen betrachteten Jahren meist über den Werten der vergangenen Auswertungen.

Forschungsbohrung Rebstock

Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) hat im Jahr 2012 durch Messdaten belegt, dass im westlichen Innenstadtgebiet von Frankfurt oberflächennah ungewöhnlich hohe Temperaturen angetroffen werden. Vielfach wurden Temperaturen von 18-23 °C in einer Tiefe von 100 Metern gemessen. Diese unterscheiden sich deutlich von den Temperaturen des weiteren Umfelds mit durchschnittlichen 12-14° C. Der geothermische Gradient, der in Deutschland im Mittel drei Kelvin Temperaturzunahme pro 100 Meter Tiefe beträgt, liegt im angesprochenen Gebiet in Frankfurt bei bis zu neun Kelvin pro 100 Meter Tiefe.

Mit der Forschungsbohrung auf dem Gelände des alten und bald neuen Rebstockbades wurden die geologischen Gegebenheiten und geothermischen Potenziale im mitteltiefen Untergrund untersucht. Dabei wurde u. a. die Frage beantwortet, ob sich die ungewöhnlich hohen Temperaturen in der Tiefe fortsetzen. Zielsetzung des Projekts war zudem, bohrtechnische Probleme zur Erschließung der geothermischen Wärme am Standort und für die jeweilige Geologie geeignete Bohrverfahren zu dokumentieren.

Mit der Endteufe von 1.056 Metern ist die Bohrung mit Abstand die tiefste im Stadtgebiet von Frankfurt. Es wurde bei der Endteufe eine Temperatur von 60,5 °C gemessen.

Die Bohrung wurde im Anschluss der Forschungsarbeit den BäderBetrieben Frankfurt GmbH übereignet. Sie wird zu einer koaxialen Erdwärmesonde ausgebaut und gemeinsam mit weiteren noch herzustellenden Erdwärmesonden einen wichtigen Beitrag zur Wärmeversorgung des neuen Rebstockbades liefern.

Die Durchführung der Forschungsbohrung wurde im Zeitraum November 2022 bis August 2023 mit rund 5,2 Mio. Euro vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum finanziert.

<https://www.hlnug.de/themen/geologie/erdwaerme-geothermie/mitteltiefe-geothermie/forschungsbohrung-frankfurt>



11 Maßnahmen der Hessischen Landesregierung

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
Allgemein		
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, zuletzt geändert am 01. November 2023 (StAnz. 47/2023, S. 1464)	Durch die Förderung sollen die Ziele des Hessischen Energiegesetzes (HEG) – die Deckung des Endenergieverbrauchs von Strom und Wärme bis zum Jahr 2045 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	Kommunale Wärmeplanung	Mit der Novelle des Hessischen Energiegesetzes vom November 2022 sind hessische Kommunen mit mehr als 20.000 Einwohnerinnen und Einwohnern zu einer kommunalen Wärmeplanung verpflichtet. Seit dem 1. Januar 2024 ist zudem das Wärmeplanungsgesetz (WPG) des Bundes in Kraft. Für die Umsetzung des WPG ist ein vollumfängliches Rechtssetzungsverfahren notwendig. Etwaige Vorgaben an die Erstellung von Wärmeplänen ergeben sich aus dem WPG. Aktuelle Informationen und Unterstützung bietet die LEA: https://www.lea-hessen.de/kommunen/kommunal-waerme-planen/ Maßnahme des Klimaplans Hessen: GS-01 „Kommunale Wärmeplanung einführen und nutzen“
3	„Fördermittelberatung der LandesEnergieAgentur Hessen“	Informationen zu Fördermöglichkeiten rund um das Thema Energie erhalten interessierte Kommunen, Unternehmen, Bürgerinnen und Bürger bei der Fördermittelberatung der LandesEnergieAgentur Hessen GmbH (LEA) über die Internetseite, eine Hotline und den Service im Onlineportal: https://www.lea-hessen.de/aufgabenbereiche/foerdermittelberatung/ Maßnahmen des Klimaplans Hessen: I-01 „Energieeffiziente und klimafreundliche Unternehmen“ und I-02 „Zentrale Anlaufstelle für eine emissionsarme Wirtschaft“
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. Die LandesEnergieAgentur unterstützt die Umsetzung mehrerer Maßnahmen im Klimaplan Hessen. Ein Schwerpunkt ist die interessenunabhängige Information und Beratung aller Akteure sowohl in fachlicher als auch wirtschaftlicher und förder technischer 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 sowie eine beschleunigte Markteinführung und -durchdringung innovativer CO ₂ -sparender Technologien. Die LEA ist die zentrale Anlaufstelle für Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen, und die hessischen Kommunen: http://www.lea-hessen.de

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
5	House of Energy	<p>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.</p> <p>http://www.house-of-energy.org/</p>
6	Energiemonitoring	<p>Die Monitoringstelle nach § 11 HEG ist im Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum angesiedelt. Im jährlich erscheinenden 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.</p> <p>https://wirtschaft.hessen.de/Energie/Daten-Fakten</p>
7	Hessisches Biogas-Forschungszentrum (HBFZ)	<p>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 Versuchsfermenter sowie eine Versuchsplattform bereit.</p> <p>https://www.iee.fraunhofer.de/de/testzentren-und-labore/hbfz.html</p>
8	Gründerwettbewerb „Science4Life Energy Award“	<p>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.</p> <p>http://www.science4life.de/VentureCup/EnergyCup.aspx</p>
9	Hessischer Staatspreis für innovative Energielösungen	<p>Das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum 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 sechs Preise in den Themenfeldern Strom, Wärme, Mobilität, Systemintegration, Nachwuchs und gesellschaftliches Engagement zu vergeben. Mit dem Staatspreis werden so innovative und zukunftsweisende Lösungen sichtbar gemacht und gefördert.</p> <p>www.hessischer-staatspreis-energie.de</p>
10	Landesnetzwerk Bürger-Energiegenossenschaften Hessen e. V.	<p>Der LaNEG Hessen e. V. ist eine Initiative für die Vernetzung und Förderung der hessischen Bürger-Energiegenossenschaften.</p> <p>http://www.laneg-hessen.de/</p>
11	Contracting-Netzwerk Hessen	<p>Das Contracting-Netzwerk Hessen (CNH) ist eine Initiative des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum. Mit dem jährlichen Contracting-Tag Hessen sowie weiteren Fachworkshops und Netzwerktreffen bietet es eine Plattform für Informations- und Erfahrungsaustausch zum Thema Contracting in Hessen.</p> <p>https://www.lea-hessen.de/aufgabenbereiche/contracting-netzwerk-hessen/</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
12	Hessen aktiv: Die Klima-Kommunen	<p>Mehr als 390 Klima-Kommunen engagieren sich inzwischen 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.</p> <p>Die Klima-Kommunen erhalten ein breites Angebot von Fach- und Vernetzungsveranstaltungen, das sich über vielfältige Beratung und Unterstützungen bis hin zu erhöhten Fördersätzen erstreckt.</p> <p>Zur Unterstützung bei der Erstellung von kommunalen Treibhausgasbilanzen erhalten die Klimakommunen ein Bilanzierungs-Tool sowie zugehörige Schulungsangebote und Steckbriefe zu installierten erneuerbaren Energieanlagen auf Basis des hessischen Energiemonitorings.</p> <p>Zudem wurde für die Klima-Kommunen eine Solarkampagne vorbereitet, die von den Kommunen individualisiert umgesetzt werden kann und sich an Privatpersonen richtet. Diese wurde inhaltlich erweitert, sodass seit 2024 damit auch die Zielgruppen Mieterinnen/Mieter und Unternehmen angesprochen werden können. https://www.klima-kommunen-hessen.de</p> <p>Durch den neuen Klimaplan Hessen wurde das Angebot für die Klima-Kommunen weiter ausgebaut. Es wurde eine regionale Beratungsstruktur entwickelt, wodurch die Kommunen in den Regionen Nord-, Mittel- und Südhessen intensiver als bisher begleitet werden können. Ebenso ist der Bereich vorbereitete Maßnahmen ausgebaut und inhaltlich bietet die Fachstelle nun auch Beratung zu den Themen klimagerechte Planung und Klimaanpassung an.</p>
13	Richtlinie des Landes Hessen zur Förderung von kommunalen Klimaschutz- und Klimaanpassungsprojekten sowie von kommunalen Informationsinitiativen, veröffentlicht im Staatsanzeiger des Landes Hessen Nr. 38/2019, S. 873	<p>Durch die Förderung sollen die vom Gesetzgeber verpflichtend vorgeschriebenen Klimaziele vorangetrieben werden. Gefördert werden investive kommunale Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen und zur Anpassung an den Klimawandel sowie Studien und Analysen wie beispielsweise Starkregenanalysen oder Stadtklimaanalysen. Ebenfalls finanziell unterstützt werden kommunale Initiativen zur Informationsvermittlung über Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen. Die seit 2016 bestehende Förderrichtlinie wurde im September 2019 erweitert um die Förderung von Trinkwasserbrunnen im urbanen Raum als Klimaanpassungsmaßnahme, die Förderung der Einrichtung kommunaler Verleihsysteme von CO₂-armen Mobilitätssystemen (ausgenommen Elektroautos) sowie deren Anschaffung für den innerkommunalen Gebrauch (z. B. E-Lastenfahrräder) als investive Klimaschutzmaßnahme und die Förderung von Maßnahmen zur Haus- und Hofbegrünung privater Immobilieneigentümer als Klimaanpassungsmaßnahme in Kommunen, wenn die Kommune hierzu ein Förderprogramm auflegt. Der Fördersatz für Kommunen beträgt 70 Prozent, Mitgliedskommunen des Bündnisses „Hessen aktiv: Die Klima-Kommunen“ erhalten einen erhöhten Fördersatz von 90 Prozent.</p> <p>https://landwirtschaft.hessen.de/klimaschutz/klimarichtlinie</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
14	Klimaplan Hessen	<p>Der Klimaplan Hessen wurde am 31. Januar 2023 vom Kabinett verabschiedet und am 6. März veröffentlicht. Der Klimaplan Hessen ist durch das neue HKlimaG gesetzlich verankert (§ 4 HKlimaG). Im Auftrag und unter Koordination des Hessischen Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat wurde der Integrierte Klimaschutzplan Hessen 2025 (IKSP 2025) weiterentwickelt zum Klimaplan Hessen, der bis 2030 ausgelegt ist. Das Land Hessen hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2030 seine Treibhausgasemissionen um 65 Prozent im Vergleich zu 1990 und bis 2040 um 88 Prozent zu reduzieren. Bis 2045 soll Hessen die Netto-Treibhausgasneutralität erreichen.</p> <p>Der Klimaplan Hessen umfasst 57 neue Maßnahmen. Hinzu kommen noch 33 Maßnahmen aus dem IKSP 2025, die dauerhaft sind oder aktuell noch weiter fortgeführt werden. Damit umfasst der neue Klimaplan Hessen insgesamt 90 Maßnahmen.</p> <p>Für den Klimaplan Hessen sind im Doppelhaushalt 2023/2024 rund 370 Millionen Euro vorgesehen.</p> <p>Die Maßnahmen teilen sich auf zehn Handlungsfelder auf. Beim Klimaschutz reichen sie vom massiven Ausbau erneuerbarer Energien, der Dekarbonisierung der Wirtschaft und der Förderung der klimafreundlichen Verkehrswende über Emissionseinsparungen in der Landwirtschaft bis hin zur Klimabildung.</p> <p>Bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels geht es unter anderem um die Förderung der Resilienz der Kommunen gegenüber Starkregen, die Stärkung des Brand- und Katastrophenschutzes, den Aufbau klimastabiler Wälder und darum, den Biotopverbund für klimasensible Arten zu verbessern. Die Maßnahmen müssen bis 2030 umgesetzt werden.</p> <p>Durch das Monitoring in § 9 des HKlimaG ist sichergestellt, dass bei einer durch den Monitoring- und Projektionsbericht festgestellten erheblichen Abweichung eines Emissionssektors von den Klimaschutzziele gehandelt werden muss. Das bedeutet, der Klimaplan Hessen kann bei einer (drohenden) Zielabweichung nachgeschärft werden.</p> <p>https://www.klimaplan-hessen.de/</p>
15	„Klimaplan Hessen: Wir zeigt Wirkung“ – Klimakampagne für Hessen	<p>Am 28. Mai 2018 startete die Klimakampagne. Die Kampagne war eine prioritäre Maßnahme des Integrierten Klimaschutzplans Hessen 2025 (IKSP) und begleitet jetzt den Klimaplan Hessen in dessen Umsetzung. Die Kampagne möchte alle Hessinnen und Hessen für den Klimaschutz und die Klimawandelanpassung vor Ort begeistern. Das neue Motto der Klimakampagne ist: „Wir zeigt Wirkung!“</p> <p>2024/2025 will die Klimakampagne zeigen, wie wir mit unserem Klimahandeln dafür sorgen, dass unsere hessische Natur- und Kulturlandschaft erhalten bleibt. Vorgesehen sind eine Plakatkampagne, Social Media-Formate und lebensgroße Rahmen, die das schützenswerte Hessen zeigen. Neuer Claim der Kampagne ist „Für das Hier und Morgen.“</p> <p>https://landwirtschaft.hessen.de/Klimaschutz https://www.klimaplan-hessen.de/der-klimaplan-hessen</p>
16	Roadmap Energie Hessen	<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. Die Roadmap wird fortlaufend weiterentwickelt und an erreichte Ziele und geänderte Rahmenbedingungen angepasst.</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
17	Zukunftsforum Energie & Klima	<p>„Bring Deine Energie für den Wandel ein!“ Unter diesem Motto kommen Akteure aus Verwaltung und Politik sowie Vertreter aus Wirtschaft und Bürgerenergie in Kassel zusammen, um gemeinsam die dezentrale Energieversorgung und den globalen Klimaschutz weiter voranzutreiben. Das Zukunftsforum Energie & Klima ist die zentrale Plattform für Erfahrungsaustausch, Information sowie Vernetzung und stellt mit über 500 Teilnehmerinnen und Teilnehmern neben dem House-of-Energy-Kongress das Flagship Event der hessischen Energiewende dar.</p> <p>https://www.zufo-energie-klima.de/</p>
18	Dialogformate klimaneutrale Wirtschaft	<p>Im Zuge der Klimaplanmaßnahme werden verschiedene Dialogformate angeboten, die den Erfahrungs- und Wissensaustausch mit der Wirtschaft und zwischen Unternehmen zu Fragen der Dekarbonisierung und Energieeffizienz fördern. Es werden Szenarien ermittelt und die erfassten Bedarfe über thematische Informationsangebote aufgegriffen. Die Vernetzung von hessischen Wirtschaftsakteuren, die auf dem Weg zur Klimaneutralität bereits weit vorangeschritten sind, dient der Ermittlung von Praxisbeispielen und Mobilisierung von Vorbildunternehmen.</p> <p>Maßnahme des Klimaplan Hessen: I-06: „Dialogformate klimaneutrale Wirtschaft“</p>
19	Bildungsangebote im Themenbereich Energiewende	<p>Bei der LEA wurde in diesem Rahmen die Bildungsinitiative Erneuerbare Energien angesiedelt. 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 und Planspiele an hessischen Schulen zu den Themen Photovoltaik und Windenergie durchgeführt. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Gewinnung von Fachkräften in den energiewenderelevanten Berufen.</p> <p>https://www.lea-hessen.de/bildungsangebote/uebersicht/</p> <p>Maßnahmen des Klimaplan Hessen: BF-04 „Fachkräfte für die Energiewende gewinnen und qualifizieren“ sowie Element der BF-01 „Klimabildungslandschaften gestalten“</p>
20	Digitales Potenzialflächenkataster	<p>Die Hessische Landesregierung unterstützt auf Basis des Koalitionsvertrags für die 21. Legislaturperiode weiterhin die Städte und Gemeinden beim Flächensparen durch die Bereitstellung einer Geodatenbank zur Ermittlung innerörtlicher Flächenreserven, das sogenannte Digitale Potenzialflächenkataster. Die Anwendung wurde unter Beteiligung von mehreren Kommunen aus ganz Hessen, Experten aus den Ministerien, der Regionalplanung und externer Dienstleister entwickelt. Das Digitale Potenzialflächenkataster steht allen hessischen Städten und Gemeinden zur Verfügung. Es hat sich bereits knapp ein Viertel aller hessischen Kommunen zur Nutzung angemeldet. Das Digitale Potenzialflächenkataster ist ein wichtiges Steuerungsinstrument, um den Kommunen die nötigen Entwicklungsmöglichkeiten zu bieten, um dringend benötigten Wohnraum zu schaffen und dabei die Flächeninanspruchnahme auf das notwendige Maß zu beschränken. 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 zum Betrieb von Green Offices (Nachhaltigkeitsbüros) und der Erarbeitung und Umsetzung von hochschulindividuellen Nachhaltigkeitsstrategien werden auch Vorhaben mit dem Ziel einer CO₂-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> <p>Maßnahme des Klimaplans Hessen: BF-05 „Nachhaltige und klimaneutrale Hochschulen entwickeln“</p>
22	Gesetz zur Änderung der Hessischen Bauordnung vom 22. November 2022	<p>Durch Anpassungen im Abstandsflächen- und Brandschutzrecht wurden die bauordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Wärmepumpen auf Grundstücken und der Ausbau von Solarmodulen auf dem Dach erleichtert. Wärmepumpen können nun bis zu einer Höhe von 2 m mit insgesamt 3 m Länge in den Abstandsflächen entlang der Nachbargrenze errichtet werden, ohne dass sie dabei selbst Abstandsflächen auslösen. Durch die Neuregelung der brandschutzrechtlich erforderlichen Abstände von Dachaufbauten kann die Bauherrschaft bei Einhaltung der erforderlichen brandschutztechnischen Voraussetzungen kraft Gesetzes gänzlich auf einen Abstand zur Brandwand verzichten bzw. den Abstand zur Brandwand auf bis zu 0,5 Meter reduzieren. Die zuvor regelmäßig notwendige Beantragung einer Abweichungsentscheidung für eine Abstandsreduzierung ist damit für einen Großteil der Solaranlagen nicht mehr erforderlich.</p>
23	Gemeinsamer Leitfaden Wärmepumpen	<p>Auch nach den umfassenden Erleichterungen für Wärmepumpen in der Hessischen Bauordnung durch die Änderung vom 22. November 2022 stellen sich bei der Errichtung von Wärmepumpen verschiedene rechtliche Fragen bei der Wahl des Standortes. Der gemeinsam vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum und dem Hessischen Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat erstellte Leitfaden soll Interessierten und Planenden einen Überblick über die bauordnungs-, bauplanungs- und immissionsschutzrechtlichen Rahmenbedingungen geben.</p>
24	Leitfaden Solaranlagen	<p>Mit der Änderung vom 22. November 2022 wurden die brandschutzrechtlichen Bestimmungen in der Hessischen Bauordnung so angepasst, dass unter Beachtung technischer Vorkehrungen mehr Dachfläche zum Einsatz von Photovoltaik und Solarthermie zur Verfügung steht. Eine bauaufsichtliche Abweichungsentscheidung ist damit für eine Vielzahl an Einsatzfällen nicht mehr erforderlich. Der vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum herausgegebene Leitfaden Solaranlagen führt Interessierte mit einem Fragenkatalog in die Thematik ein und gibt Antworten zu den rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen.</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
25	Klimakontingent Hessen	<p>Für besonders innovative und nachhaltige städtebauliche Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung stellt das Land jährlich 15 Mio. Euro im Rahmen der Städtebauförderung bereit. Im sogenannten Klimakontingent werden beispielsweise die Modernisierung und Instandsetzung von Gebäuden, die Begrünung von Dächern und Fassaden, die Verwendung von wiederverwendeten, nachhaltigen und ressourcenschonenden Baumaterialien bis hin zur energetischen Sanierung von Gebäuden gefördert. Antragsberechtigt sind die Kommunen der Städtebauförderung in Hessen. Hierzu zählen die Förderstandorte aus den Programmen „Lebendige Zentren“, „Wachstum und Nachhaltige Erneuerung“ und dem Programm „Sozialer Zusammenhalt“.</p> <p>Maßnahme des Klimaplanes Hessen: GS-06 „Verankerung von Klimaschutz- und Klimaanpassung in der Städtebauförderung“</p>
26	Ressourcenwende anpacken	<p>Das Ressourcenwendepaket unterstützt die Entwicklung von Technologien für eine effiziente Kreislaufwirtschaft. Ziel ist es, den Übergang der Wirtschaft von der linearen hin zu einer Kreislaufwirtschaft zu beschleunigen. Mit dem Programm werden Vorhaben der Forschung & Entwicklung im Bereich Recyclingtechnologien in hessischen Unternehmen gefördert. Dies soll die wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Potenziale des Standorts Hessen stärken und einen Beitrag zur Zielerreichung der Hessischen Innovationsstrategie und des Klimaplanes Hessen leisten.</p> <p>Maßnahme des Klimaplanes Hessen: I-05 „Ressourcenwende anpacken“</p>
27	Zentrale Anlaufstelle für eine emissionsarme Wirtschaft	<p>Bei der HTAI GmbH wurde mit Wirtschaftswandel Hessen eine zentrale Anlaufstelle für Unternehmen in Hessen geschaffen, um sie auf ihrem Transformationspfad zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise zu begleiten. Betriebe können den Online-Förderkompass und den Online-Beratungskompass nutzen, Orientierungsberatungen in Anspruch nehmen, außerdem gibt es Veranstaltungen zu Themen wie Sustainable Finance und Nachhaltigkeitsberichtspflichten.</p> <p>Maßnahme des Klimaplanes Hessen: I-02 „Zentrale Anlaufstelle für eine emissionsarme Wirtschaft“</p>
Energieeffizienz (Gebäude)		
28	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. Gefördert werden Investitionen in Mietwohngebäuden zur nachhaltigen Verringerung von CO₂-Emissionen nach dem KfW-Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG-WG, Programm-Nr. 261)“ mit Einschluss der Bonusvarianten erneuerbare Energien, serielle Sanierung und Worst Performing Building sowie der Neubau und der Ersterwerb von Mietwohnungen nach dem KfW-Programm „Klimafreundlicher Neubau Wohngebäude (KFN, Programm-Nr. 298)“.</p> <p>Die aktuellen Förderkonditionen finden Sie hier: https://www.wibank.de/wibank/hessisches-programm-zur-energieeffizienz-im-mietwohnungsbau/mietwohnungen-hessisches-programm-energieeffizienz-306944</p> <p>Maßnahme des Klimaplanes Hessen: Element aus GS-03 „Anzahl energieeffizienter und klimaangepasster Gebäude steigern“</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
29	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, geändert am 01.07.2022 (StAnz. Nr. 29/2022, S. 848)	<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"> - 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 - Neubauten mit besonders hohen energetischen Standards, in begründeten Ausnahmefällen: Ersatzneubauten, wenn die energetische Qualität der Ersatzneubauten den energetischen Anforderungen der geförderten Neubauten entspricht - 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 kommunal ersetzende Maßnahmen gefördert werden. <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.</p> <p>https://www.wibank.de/wibank/energieeffizienz-und-erneuerbare-energien/foerderung-energieeffizienz-und-nutzung-erneuerbarer-energien-307140</p>
30	Energiesparkampagne „Hessen spart Energie“	<p>Das Thema Energiesparen wird u. a. mit der Energiesparkampagne „Hessen spart Energie“ adressiert.</p> <p>https://www.lea-hessen.de/buergerinnen-und-buerger/hessen-spart-energie/</p> <p>Maßnahme des Klimaplan Hessen: Element aus EN-03 „Reduktion des Stromverbrauchs“</p>
31	Einsparpaket für Mieterinnen und Mieter	<p>Mit einfachen Energiespartipps Strom- und Heizkosten sparen. Die LEA Hessen hilft Wohnungsbaugesellschaften, Mieterinnen und Mietern mit einem Energiesparpaket sowie einer Broschüre.</p> <p>https://www.lea-hessen.de/buergerinnen-und-buerger/hessen-spart-energie/einsparpaket/</p> <p>Maßnahme des Klimaplan Hessen: Element aus GS-03: „Anzahl energieeffizienter und klimaangepasster Gebäude steigern“</p>
32	CO ₂ -neutrale Landesverwaltung	<p>Die 2009 gestartete Maßnahme strebt eine klimaneutral arbeitende Landesverwaltung ab dem Jahr 2030 an. Die Federführung liegt beim HMdF. Die Maßnahme war bereits eine prioritäre Maßnahme des IKSP 2025 und ist jetzt Teil des Klimaplan Hessen im Handlungsfeld „Übergeordnetes“. Wesentliche Handlungsfelder sind: Erstellung von CO₂-Bilanzen, Energieeffizienzplan und Öffentlichkeitsarbeit. Die CO₂-Emissionen konnten im Vergleich zu 2008 um rund 65 Prozent reduziert werden.</p> <p>Maßnahme des Klimaplan Hessen: UEG-01 „CO₂-neutrale Landesverwaltung“</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
33	COME-Hochschulen CO ₂ -Minderungs- und Energieeffizienzprogramm für Hochschulliegenschaften	<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. Es werden 46 Baumaßnahmen im Programm bearbeitet.</p> <p>Maßnahme des Klimaplanes Hessen: UEG-01 „CO₂-neutrale Landesverwaltung“</p>
34	COME-Solar Bauprogramm für Photovoltaik und Solarthermie	<p>Die Nutzung von Solarenergie zur Wärmeerzeugung sowie für die Eigenstromerzeugung auf den Landesliegenschaften soll im Rahmen der CO₂-neutralen Landesverwaltung deutlich ausgebaut werden. Von 2021 bis 2024 werden dafür voraussichtlich rund 16,5 Mio. Euro aufgewendet. Da der Wärmebedarf in den Landesliegenschaften in der Regel nur saisonal, der Strombedarf jedoch ganzjährig besteht, wird der Fokus auf der Errichtung von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) liegen.</p> <p>Mit den vorgesehenen Mitteln werden voraussichtlich rund 6,1 MWp PV-Leistung erschlossen werden. Damit können jährlich rund 5,6 GWh an regenerativ erzeugtem Strom produziert werden.</p> <p>Maßnahme des Klimaplanes Hessen: UEG-01 „CO₂-neutrale Landesverwaltung“</p>
35	COME-Mobilität Ausbau der Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge und Fahrradabstellanlagen an Landesdienststellen	<p>Seit 2021 baut das Land die Errichtung der Ladeinfrastruktur deutlich aus. Bis 2030 werden alle Dienststellen des Landes im Rahmen der CO₂-neutralen Landesverwaltung bedarfsgerecht mit Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge ausgestattet. 2023 wurde das Jahresziel zur Errichtung von Ladepunkten für E-Fahrzeuge von 150 auf 300 erhöht. Bis 2023 wurden 1.000 zusätzliche Fahrradabstellplätze an Landesdienststellen geschaffen. Für das Programm sind 3,7 Mio. Euro jährlich vorgesehen.</p> <p>Maßnahme des Klimaplanes Hessen: UEG-01 „CO₂-neutrale Landesverwaltung“</p>
36	Informationsveranstaltungen Energieeinsparung Nutzerverhalten	<p>Fortbildungsmaßnahmen sollen die Koordinatorinnen und Koordinatoren für Energiefragen in der Wahrnehmung ihrer Rolle nach dem Energiemanagement Hessen unterstützen. Mit dem Angebot eines Online-Selbstlernprogramms werden ihnen Kenntnisse über Energieverbrauch und Einsparpotenziale in der Dienststelle vermittelt und wirksame Kommunikationswege zur Gewinnung von interessierten Kolleginnen und Kollegen aufgezeigt. Das 60-minütige Programm besteht aus drei Lernstufen und schließt mit einem Selbstcheck ab.</p>
37	Verbesserung des klimafreundlichen sommerlichen Wärmeschutzes bei gewerblichen Bauten	<p>Die Maßnahme ist Teil des Hessischen Hitzeschutzaktionsplans. Mit einem Leitfaden wird über sommerlichen Wärmeschutz in Unternehmen, kommunalen Verwaltungen und öffentlichen Einrichtungen informiert.</p> <p>https://www.lea-hessen.de/mediathek/publikationen/3975</p>
38	Nachhaltiges Bauen mit Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen	<p>Es werden Informationsveranstaltungen und Fortbildungen für Handwerkerinnen und Handwerker sowie Verbraucherinnen und Verbraucher angeboten.</p> <p>https://llh.hessen.de/umwelt/biorohstoffnutzung/bauen-und-sanieren/</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
Energieeffizienz (Strom und sektorübergreifend)		
39	Förderung von Energieeffizienznetzwerken	<p>Förderung der Gründung betrieblicher Energieeffizienz- und Klimaschutznetzwerke: Die LandesEnergieAgentur Hessen GmbH ist regionale Koordinationsstelle für das Land Hessen, bündelt die regionalen Aktivitäten des Bundeslandes und steht für alle Fragen zur Verfügung.</p> <p>https://www.lea-hessen.de/unternehmen/energieeffizienz-und-klimaschutz-netzwerke-kennenlernen/</p> <p>Maßnahme des Klimaplans Hessen: I-01 „Energieeffiziente und klimafreundliche Unternehmen“</p>
40	LED-Straßenbeleuchtung	<p>Die Modernisierung der Straßenbeleuchtung auf LED-Technik kann 70 bis 80 Prozent des Energieverbrauchs der Straßenbeleuchtung einsparen. Das Land Hessen fördert Modernisierungsmaßnahmen, die diese Einsparung erreichen, zusätzlich zur bestehenden Förderung des Bundes.</p> <p>https://www.lea-hessen.de/kommunen/led-strassenbeleuchtung-installieren/foerdermoeglichkeiten/</p>
41	Förderung von Einrichtungen und Maßnahmen zur Energieberatung	<p>Die Förderung erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 9. Oktober 2019 (StAnz. 44/2019, S. 1046), zuletzt geändert am 1. November 2023 (StAnz. 47/2023, S. 1464). 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.</p>
42	Förderung von Maßnahmen zur Qualifikations- und Informationsvermittlung von Technologien auf dem Gebiet der Energieeffizienz und erneuerbarer Energien	<p>Die Förderung erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 9. Oktober 2019 (StAnz. 44/2019, S. 1046, zuletzt geändert am 01 November 2023 (StAnz. 47/2023, S. 1464). Über diesen Fördertatbestand können auch Weiterbildungsangebote der Architekten- und Handwerkskammern und Qualifikationsangebote von Hochschulen gefördert werden.</p>
43	Aufsuchende Energieberatung	<p>Die Kampagne „Aufsuchende Energieberatung“ bietet Bürgerinnen und Bürgern in Zusammenarbeit mit den Kommunen einen einfachen Zugang zum Thema energetische Gebäudemodernisierung und Energiesparmaßnahmen. Im Rahmen dieser Erstberatungskampagne auf Quartiersebene kommen die Energieberaterinnen und Energieberater direkt ins Haus und zeigen auf, wie ein Gebäude zukunftssicher an die Herausforderungen des Klimaschutzes angepasst werden kann.</p> <p>Interessierte Kommunen können sich bei der LEA für die Teilnahme an der Kampagne anmelden:</p> <p>https://www.lea-hessen.de/kommunen/kampagne-aufsuchende-energieberatung/</p> <p>Maßnahme des Klimaplans Hessen: GS-03 „Anzahl energieeffizienter und klimaangepasster Gebäude steigern“</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
44	Energieberatung für Unternehmen	<p>Im Auftrag des Landes unterstützt die LEA LandesEnergieAgentur Hessen mit der Energieberatung für Unternehmen (EfU) den hessischen Mittelstand bei der Steigerung seiner Energieeffizienz. Umgesetzt wird die EfU durch die RKW Hessen GmbH im Auftrag der LEA.</p> <p>Die LEA EfU bietet im ersten Schritt eine kostenfreie Impulsberatung vor Ort im Betrieb an, um Tipps und Anregungen zu Energieeffizienzmaßnahmen zu geben. Für die Umsetzung der Maßnahmen begleitet das Team der LEA EfU Unternehmerinnen und Unternehmer auf Wunsch in einem nächsten Schritt bei der produktneutralen Fördermittelauswahl und bei der Suche nach Expertinnen/Experten. Es steht den Betrieben zur Seite bei der möglichen Umsetzung von Investitionen sowie der Beantragung staatlicher Beihilfen von EU, Bund oder dem Land Hessen</p> <p>https://www.energieeffizienz-hessen.de</p> <p>Maßnahme des Klimaplans Hessen: Element aus I-01 „Energieeffiziente und klimafreundliche Unternehmen“</p>
45	Energieeffiziente Gewerbegebiete	<p>Kommunen stehen vor der Herausforderung, die Gewerbe- und Industriegebiete von Morgen zu gestalten. Sie entwickeln Energiestrategien, planen Infrastrukturen, stellen bezahlbare Flächen bereit, steuern Ansiedelungen und setzen Eckpunkte. Die Erstellung von Wärmenetzplänen, die Berücksichtigung veränderter Energiebedarfe bei der Erschließung und die Bereitstellung von Energieerzeugungskapazitäten gehören zu den Kernaufgaben.</p> <p>Die LEA Hessen begleitet seit 2024 Kommunen mit einem umfassenden Informations-, Schulungs- und Beratungsangebot auf dem Weg zum energieeffizienten Gewerbegebiet. Sie erhalten Impulse, praxisnahes Wissen, Tipps und Fahrpläne, die sie konkret bei der Entwicklung von Vorhaben begleiten. Neben einem umfangreichen Leitfaden und Informationsmaterialien bietet ihnen die LEA regelmäßige kostenfreie Schulungen, Webinare und die Teilnahme an Fachforen an.</p> <p>https://www.lea-hessen.de/gewerbegebiete</p>
46	PIUS-Beratung – Programm zur Steigerung des produktionsintegrierten Umweltschutzes und der Ressourceneffizienz	<p>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.</p> <p>https://www.technologieland-hessen.de/Pius-Foerderung</p> <p>Maßnahme des Klimaplans Hessen: I-05: „Ressourcenwende anpacken“</p>
47	PIUS-Invest – Investitionsförderprogramm zur Steigerung der Ressourceneffizienz	<p>Das Programm PIUS-Invest bezuschusst Investitionsprojekte, die die Ressourceneffizienz (Energie- und Materialeffizienz) verbessern und CO₂-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 CO₂-Bilanz beitragen.</p> <p>https://www.technologieland-hessen.de/Pius-Foerderung</p> <p>Maßnahme des Klimaplans Hessen: I-05: „Ressourcenwende anpacken“</p>
48	Nutzung der Abwärme von Rechenzentren	<p>Das Land Hessen wird prüfen, ob und wie die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Abwärmenutzung von Rechenzentren auf Bundes- und Landesebene verbessert werden können. Im Rahmen der Bauleitplanung wird den Kommunen empfohlen, darauf zu achten, dass Standorte für Rechenzentren so gewählt werden, dass die Abwärme sinnvoll genutzt werden kann.</p> <p>Maßnahme des Klimaplans Hessen: Element aus I-03 „Energieeffiziente Rechenzentren“</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
49	Steigerung der Energieeffizienz in den landeseigenen Rechenzentren	<p>Das Land wird die landeseigenen Rechenzentren in seinem Zuständigkeitsbereich bis zum Jahr 2030 mit dem Blauen Engel zertifizieren und prüft eine Abwärmenutzung in den Landesliegenschaften. Die Ergebnisse werden als Leuchtturmprojekte kommuniziert.</p> <p>Maßnahme des Klimaplans Hessen: Element aus I-03 „Energieeffiziente Rechenzentren“</p>
50	Mögliche Verankerung der Abwärmenutzung in kommunalen Satzungen	<p>Das Land Hessen wirkt unter Beachtung der originären kommunalen Verantwortung darauf hin, dass die Wärmenutzung von Rechenzentren, soweit technisch und betriebswirtschaftlich sinnvoll und möglich, in den kommunalen Satzungen verankert wird. Davon sind vor allem Frankfurt am Main, Offenbach, Hanau und Eschborn betroffen.</p> <p>Maßnahme des Klimaplans Hessen: Element aus I-03 „Energieeffiziente Rechenzentren“</p>
Erneuerbare Energien		
51	Bürgerforum Energiewende Hessen	<p>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 LandesEnergie-Agentur durchgeführt.</p>
52	Workshops zur kommunalen Wertschöpfung	<p>Im Rahmen der Workshops werden thematische Aspekte des Ausbaus der erneuerbaren Energien aufgegriffen, hier insbesondere die Themen, die sich aus den Entwicklungen auf Bundesebene (z. B. EEG-Ausschreibungsmodell, LAI-Schall-Immissionsprognose) ergeben oder von besonderer Relevanz für Hessen sind (Milan-Dichtezentrum, Flugsicherheit, Bürgerbeteiligung etc.).</p>
53	Hessische Verwaltungsvorschrift zur Berücksichtigung der Naturschutzbelange bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (WEA) in Hessen	<p>Durch das Inkraftsetzen einer Verwaltungsvorschrift zum 1. Januar 2021 wird die Umsetzung der Belange des Naturschutzes beim Windenergieausbau in Hessen einheitlich geregelt. Hierüber wird die Errichtung von Windenergieanlagen in durch die Teilregionalpläne für Süd-, Mittel- und Nordhessen auf größenordnungsmäßig 2 Prozent der Landesfläche ausgewiesenen Windenergie-Vorranggebieten beschleunigt.</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
54	Gemeinsamer Erlass Neuregelungen zur Beschleunigung des Windenergieausbaus (u. a. Oster- und Sommerpaket, EU-Notfall-Verordnung)	<p>Der Erlass vom 9. Mai 2023 trägt den durch das Gesetz zur Änderung des Raumordnungsgesetzes und anderer Vorschriften (ROGÄndG) zum 29. März 2023 in Kraft getretenen gesetzlichen Vorgaben Rechnung und soll insbesondere den einheitlichen Vollzug des neuen § 6 Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG) gewährleisten. Mit § 6 WindBG werden die Vorgaben zur Durchführung von Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und artenschutzrechtlicher Prüfung im Rahmen der Genehmigung von Windenergieanlagen in sogenannten Windenergiegebieten (§ 2 WindBG) modifiziert. Die durch die hessischen Teilregionalpläne ausgewiesenen Windenergie-Vorranggebiete sind mit Ausnahme einer geringfügigen Überschneidungsfläche mit Natura 2000-Gebieten, Naturschutzgebieten oder Nationalparks (2,3 Prozent der Gebietskulisse) Windenergiegebiete i. S. d. § 2 WindBG. Hessen hat damit gleichzeitig das erste Flächenausweisziel gemäß § 3 WindBG, wonach das Bundesland bis 2027 insgesamt 1,8 Prozent seiner Landesfläche für die Windenergie ausweisen muss, bereits erreicht. Für das zweite und letzte Ausweisziel muss Hessen bis 2032 insgesamt 2,2 Prozent seiner Landesfläche für die Windenergie ausweisen.</p> <p>Ebenfalls durch den Erlass adressiert wird der zum 1. März 2023 in Kraft getretene § 2 EEG, wonach der Ausbau der erneuerbaren Energien im überragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient. Bis zum Erreichen der Klimaneutralitätsziele soll der Ausbau der erneuerbaren Energien in Schutzgüterabwägungen als vorrangiges Interesse eingebracht werden.</p>
55	Gemeinsamer Leitfaden zum Ausbau der Freiflächen-Photovoltaik (FF-PV) in Hessen	<p>Der gemeinsam vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum und dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz geplante Leitfaden soll der Umsetzung der in § 1 des Hessischen Energiegesetzes verankerten Bereitstellung von 1 Prozent der Landesfläche für Photovoltaikanlagen dienen und widmet sich dem Ausbau der FF-PV. Als relevante Inhalte sind eine Beschreibung der wichtigsten Rechtsgrundlagen sowie eine landesweite Analyse der Freiflächenpotenziale vorgesehen, die beim beschleunigten FF-PV-Ausbau von Interesse sind. Der Leitfaden soll den oberen Landesbehörden und Kommunen in Hessen als Planungs- und Abwägungshilfe dienen und den unteren Bauaufsichts- und Naturschutzbehörden Hilfestellungen für den Vollzug geben.</p>
56	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, Wohnen und ländlichen Raum in Zusammenarbeit mit dem Hessischen Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat durch Forschungsprojekte zum Wissensaufbau zur Verbesserung der Datengrundlage bei windenergiesensiblen Vogelarten, wie beispielsweise dem Rotmilan, bei (https://landesplanung.hessen.de/gutachten-und-projekte). Derzeit befindet sich eine landesweite Habitatbewertung zu den windenergiesensiblen Vogelarten Rotmilan und Wespenbussard in Bearbeitung (Fertigstellung voraussichtlich 2025). Durch diese Planungsgrundlage wird der naturverträgliche Windenergieausbau und die Auswahl möglichst konfliktarmer Standorte weiter gestärkt.</p>
57	Förderung von innovativen Energietechnologien	<p>Die Förderung erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes. Beispiele: Wasserstoffprojekt in der Papierindustrie, Wärmeversorgungskonzepte in der Region und im Quartier, Abwärmenutzung bei Rechenzentren, geothermische Anlagen, Solarwärmeprojekte.</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
58	Förderung von kommunalen Energie- und Quartierskonzepten	Die Förderung von kommunalen Energiekonzepten erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 9. Oktober 2019 (StAnz. 44/2019, S. 1046), zuletzt geändert am 01. November 2023 (StAnz. 47/2023, S. 1464). 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.
59	Wärmeatlas Hessen	<p>Das Projekt „Wärmeatlas Hessen“ zielt darauf ab, die kommunale Wärmeplanung in Hessen durch ein digitales Onlineangebot zu unterstützen, indem es eine einfache Darstellung von Wärmequellen und -senken ermöglicht.</p> <p>Diese digitale Kartendarstellung bildet den Wärmebedarf von Wohn- und Nicht-Wohngebäuden in verschiedenen aggregierten Darstellungsebenen und -bezügen in einem Web-Geoinformationssystem (GIS) ab. Das Hauptziel besteht darin, Kommunen zu Beginn ihrer Wärmeplanung wertvolle Einblicke zu bieten, um geeignete Versorgungsoptionen für verschiedene Teilgebiete der Kommune zu identifizieren.</p> <p>Maßnahme des Klimaplanes Hessen: Element aus GS-02 „Wärme-wende mit erneuerbaren Energien und Abwärme“</p>
60	Hessenweites Solar-Kataster	<p>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 die Wirtschaftlichkeit für unterschiedlichste Verbrauchsprofile.</p> <p>Bis Ende 2023 haben über 1 Mio. Berechnungen über das Solar-Kataster stattgefunden.</p> <p>2024 erfolgt ein Relaunch mit aktuellen Daten und neuen Funktionalitäten.</p> <p>https://www.solarkataster.hessen.de.</p>
61	PV-Darlehensprogramm	<p>Darlehensprogramm zur Finanzierung von Photovoltaikanlagen für selbst genutzte Wohngebäude</p> <p>Im Rahmen einer Kooperation mit dem Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum (HMWVV) bietet die Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen (WiBank) zinsverbilligte Darlehen zur Förderung des dezentralen Ausbaus von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) für private Bauherren und Eigentümer in Hessen.</p> <p>https://www.wibank.de/wibank/pv-anlagen-darlehen/pv-anlagen-darlehen-613178</p>
62	Förderung der energetischen und stofflichen 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>https://landwirtschaft.hessen.de/landwirtschaft/foerderungen/biomassenutzung</p> <p>Maßnahme des Klimaplanes Hessen: Element aus GS-07 „Holzbauoffensive Hessen“</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
63	Anwendungsmöglichkeiten der Wasserstofftechnologie	<ul style="list-style-type: none"> - Hessische Wasserstoffstrategie Oktober 2022 - Ausgründung der Landesstelle Wasserstoff bei der LandesEnergieAgentur - Beratung bei Einzelprojekten - Förderprojekte in den Bereichen ÖPNV und stationäre Systeme <p>Maßnahme des Klimaplans Hessen: EN-02 „Wasserstoff als zentraler Energiewendebaustein“</p>
64	Nutzung der Erdwärme in Neubaugebieten und im Bestandsbau	<p>Wärmepotenziale aus Geothermie in hessischen Siedlungen wurden durch eigens dafür durchgeführte Erkundungsbohrungen und anschließende geophysikalische Untersuchungen ermittelt. Es wurden praktisch verwertbare Information in Form von Geothermie-Steckbriefen unter folgendem Link zur Verfügung gestellt:</p> <p>https://www.hlnug.de/themen/geologie/erdwaerme-geothermie/oberflaechennahe-geothermie/projekt-ong-in-baugebieten.</p> <p>Es wurden ein Faktencheck Geothermie und eine Studie zum Thema Erneuerbare Energien zum Heizen und Kühlen im Bestandsbau durchgeführt. Ein Rechtsgutachten mit dem Fokus auf die Darlegung der Zulassungspraxis bundesweit und in Hessen wurde erstellt und vereinfachte Verwaltungsverfahren herausgearbeitet. Auf dem Rebstock-Gelände in Frankfurt am Main wurde eine Forschungsbohrung auf 1.060 Meter abgeteuft und wissenschaftlich die These einer geothermischen Anomalie im Raum Frankfurt bestätigt. Durch das Projekt wurden wichtige Grundlagen zur Nutzung von Erdwärme im künftigen Rebstockbad bekannt. Fertiggestellt wurde eine Studie zur Durchführung von geothermischen Potenzialanalysen an vier hessischen Standorten und kurz vor Fertigstellung ist eine (Meta-)Studie zur Geothermie in Hessen. In Planung ist die wissenschaftliche Aufsuchung von Erdwärme im Hessischen Oberrheingraben und dem weiträumigen Rhein-Main-Gebiet und angrenzenden Gebieten mittels geophysikalischer Untersuchungen (Full Tensor Gradiometry (FTG) Exploration mittels Überfliegung). Ein Antrag auf Aufsuchung gemäß § 7 BBergG wurde bereits beim zuständigen Bergamt gestellt.</p>
65	Kompetenznetzwerk Geothermie	<p>Seit dem Jahr 2017 widmet sich das Kompetenznetzwerk Geothermie der Aufgabe, die Nutzung der Erdwärme von der oberflächennahen Geothermie bis zur Tiefengeothermie in Hessen voranzubringen. Dabei stehen Veranstaltungen wie das jährliche Geothermie-Forum und Informationsveranstaltungen für Vereine und Verbände, der Wissenstransfer, die Vernetzung von Akteuren und der Abbau von Hemmnissen des Ausbaus von Geothermie im Fokus. Das Netzwerk ist auch an der Planung und ggf. Auswertung der geophysikalischen Untersuchungen des „Oberrheingrabens Plus“ mittels Full-Tensor-Gradiometry-Überfliegung (FTG) beteiligt. Es gehören ihm Vertreterinnen und Vertreter aus Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft an.</p>
66	Intelligente Energienetze im Quartier	<p>Entwicklung und Förderung von Pilotprojekten zur Optimierung der erneuerbaren Energien im Stromnetz (u. a. Förderprojekt „Smart-Grid Lab“).</p>
67	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>
68	EFRE-Förderprogramm für effiziente Wärmenetze	<p>Förderung effizienter Wärmenetze mit insgesamt 20 Mio. Euro.</p> <p>https://www.innovationsfoerderung-hessen.de/waermenetze</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
69	Konsultationsprozess zu Stromverteilnetzen	<p>Der Stromnetzausbau ist der Schlüssel für die Integration erneuerbarer Energien in die Stromerzeugung und die Transformation des Wärme- und Verkehrssektors. In einem Beteiligungs- und Konsultationsprozess mit Verteilnetzbetreibern in Hessen wurden die wichtigsten Herausforderungen für den schnelleren Ausbau der Stromverteilnetze in Hessen ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass es trotz der detaillierten Verteilnetzstudie aus dem Jahr 2018 weiterhin Bedarf an unterstützenden Maßnahmen für den Netzausbau gibt.</p> <p>https://www.lea-hessen.de/mediathek/publikationen/4301</p>
70	Schienengüterverkehr: Gleisanschlussförderung	<p>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.</p>
71	Elektromobilität: Projektförderung	<p>Seit 2015 fördert das HMWVW F&E-Projekte sowie Pilotanwendungen im Bereich der Elektromobilität. Dafür stehen jährlich jeweils rund 5 Mio. Euro an Haushaltsmitteln zur Verfügung.</p>
72	Elektromobilität: E-Bus-Förderung	<p>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.</p>
73	Elektromobilität: Ladesäulenförderung	<p>Das Land Hessen förderte den Aufbau von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im öffentlichen Raum und beim Arbeitgeber. Mit 40 Prozent Zuschusshöhe wurden neu anzuschaffende Schnell- und Normal-ladesäulen sowie Wallboxen aller Leistungsklassen auf Betriebsgeländen, Kundenparkplätzen und öffentlichen Parkflächen gefördert. In den Jahren 2022 und 2023 wurden knapp 2,5 Mio. Euro über das Programm ausgereicht, die Förderung wurde inzwischen aber eingestellt.</p>
74	Elektromobilität: EFRE-Förderung	<p>Mit EFRE-Mitteln für eine „Förderung einer umwelt- und klimafreundlichen urbanen Mobilität“ stehen Mittel bis zu 30 Mio. Euro in der Förderperiode 2021-2027 zur Verfügung. Begünstigte erhalten einen Zuschuss für die Anschaffung von Schienen- und Straßenfahrzeugen und entsprechende Infrastrukturmaßnahmen für den Umstieg auf umwelt- und klimafreundliche Verkehrsträger.</p>
75	Fachzentrum Nachhaltige Mobilitätsplanung Hessen	<p>Mit dem Fachzentrum Nachhaltige Mobilitätsplanung Hessen (bis Oktober 2022: Fachzentrum Nachhaltige Urbane Mobilität) im House of Logistics & Mobility (HOLM) unterstützt das Land Hessen Kommunen bei der Erstellung und Umsetzung von nachhaltigen integrierten Mobilitätsplänen entsprechend des SUMP-Ansatzes (Sustainable Urban Mobility Plan) mit Angeboten der Information, Vernetzung und Fortbildung.</p>
76	Förderprogramm nachhaltige integrierte Mobilitätsplanung	<p>Seit 2024 bietet das Land Hessen ein Förderprogramm für Kommunen (Gemeinden, Städte, Landkreise) an zur Erstellung und Umsetzung von nachhaltigen integrierten Mobilitätsplänen nach dem SUMP-Ansatz. Die Förderung fokussiert auf zusätzliche Personalstellen und wird durch die Förderung von Sachausgaben flankiert. Es stehen jährlich 1,5 Mio. Euro aus Mitteln des Klimaplanes zur Verfügung.</p> <p>Maßnahme des Klimaplanes Hessen: VM-01 „Klimafreundliche Verkehrswende“</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
77	Kompetenzzentrum für Klima- und Lärmschutz im Luftverkehr (CENA Hessen)	<p>Um den Luftverkehr unter Nachhaltigkeitsaspekten weiterzuentwickeln und den Luftverkehrsstandort Hessen in seiner Vorreiterrolle zu stärken, wurde im Jahr 2020 das „Kompetenzzentrum für Klima- und Lärmschutz im Luftverkehr“, angesiedelt bei der Hessen Trade & Invest (HTAI), mit Sitz im House of Logistics & Mobility (HOLM) aufgebaut. Neben der Entwicklung innovativer Konzepte für einen nachhaltigen Luftverkehr liegt die Schwerpunkttätigkeit des Kompetenzzentrums darin, den Markthochlauf von nachhaltigen Flugkraftstoffen (SAF: Sustainable Aviation Fuels) in Zusammenarbeit mit Industriepartnern und Forschungseinrichtungen voranzutreiben und den Flughafenstandort Frankfurt am Main zukunftssicher zu machen.</p> <p>Für den Wissenstransfer sowie für die Erlangung wichtiger Praxiserfahrungen in der Herstellung von nachhaltigen strombasierten Kraftstoffen für die Luftfahrt konnte Hessen über das CENA Fördermittel des Bundes einwerben. Hierzu zählen die Projekte mit F&E-Charakter zu RePoSe (Realtime Power Supply for E-Fuels) und Kopernikus (P2Fuels) im Industriepark Höchst (IPH), in unmittelbarer Nähe zum Frankfurter Flughafen, sowie InnoFuels, einer bundesweiten Vernetzungsplattform zu strombasierten Kraftstoffen und fortschrittlichen Biokraftstoffen.</p> <p>Ergänzend zur Bundesförderung unterstützt das Land den Markthochlauf mit Landesgeld. Aus Klimaschutzmitteln erhielt die INERATEC GmbH für die Planung und Errichtung eines Tanklagers am Standort ihrer Power-to-Liquid-Anlage im IPH und die CAPHENIA GmbH für die Anbindung ihrer F&E-Anlage im Power-and-Biogas-to-Liquid-Verfahren an die Strom- und Gasversorgung des Industrieparks einen Zuschuss von jeweils rund 1,1 Mio. Euro. Die Inbetriebnahme der ersten Anlagen ihrer Art in Hessen wird Ende 2024 bzw. Anfang 2025 erwartet.</p> <p>Maßnahme des Klimaplanes Hessen: Element aus VM-05 „Klimaschutz im hessischen Luftverkehr“</p>

12

Ausblick



12 Ausblick

Aufgabe des hessischen Energiemonitorings ist es, auf Basis von Daten und Fakten die Fortschritte bei der Umsetzung der Energiewende in Hessen aufzuzeigen und zu dokumentieren. Hierzu wird eine Vielzahl an Indikatoren in wichtigen Themenfeldern der Energiewende betrachtet: Energieverbrauch in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr, Energieeffizienz, Erzeugung erneuerbarer Energien, Versorgungssicherheit und Netzausbau, Mobilität, Treibhausgasemissionen sowie gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende. Wesentliche Grundlagen des Monitorings sind die hessischen Energiestatistiken, Daten der Bundesnetzagentur und von Energieverbänden sowie eigens für das hessische Energiemonitoring durchgeführte Analysen zur Bereitstellung aktueller und landesbezogener Informationen. Das Grundgerüst des Monitoringberichts, die rund 100 Indikatoren zu den verschiedenen Themenfeldern, unterstehen laufender Beobachtung und Überprüfung. Änderungen in der Statistik oder Weiterentwicklungen in den Datengrundlagen werden im Indikatorensystem berücksichtigt. Im Folgenden werden wichtige Änderungen benannt, die das künftige Monitoring beeinflussen werden.

Den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft wird die amtliche Statistik begleiten. Daten sowohl über Energiemengen als auch über den Ausbau der Infrastruktur werden in Einklang mit dem europäischen Rechtsrahmen für das Monitoring zur Verfügung stehen. Auf Grundlage der Rechtsverordnung zur energiestatistischen Erhebung von Wasserstoff (EnStatVWass) werden die Statistischen Ämter von Bund und Ländern jährlich die maßgeblichen Angaben zu den Produktionsanlagen, Erzeugung, Energieträgereinsatz, Speicherung, Abgabe, Verbrauch, Verluste und der Ein- und Ausfuhr ab dem Berichtsjahr 2024 für Wasserstoff und Ammoniak und ab dem Berichtsjahr 2025 für Methanol bei allen Betreibern von Anlagen zur Erzeugung oder Speicherung von Wasserstoff oder der Wasserstoffderivate Ammoniak und Methanol sowie bei Lieferanten und Großhändlern, die Wasserstoff oder die Wasserstoffderivate Ammoniak und Methanol an Letztverbraucher oder Wiederverkäufer abgeben, erheben. Mit Ausnahme der Ein- und Ausfuhrmengen werden die Angaben nach Ländern erhoben werden.

Der Länderarbeitskreis Energiebilanzen (LAK) dient der Erstellung qualitativ hochwertiger und methodisch einheitlicher Energie- und CO₂-Bilanzen der Bundesländer. Die Methoden der Energiebilanzen entwickeln die Länder im Arbeitskreis gemeinsam. Der LAK bündelt ab Herbst 2024 die organisatorischen und koordinierenden Aufgaben in einer Geschäftsstelle beim Statistischen Landesamt Baden-Württemberg. Das HMWVW und die

anderen für Energiepolitik zuständigen obersten Landesbehörden stellen die Geschäftsstelle mit drei Planstellen aus. Somit wird die kooperative Struktur gestärkt. Die fachliche Arbeit des LAK bleibt ein Gemeinschaftswerk der beteiligten Einrichtungen aller Länder.

Der Ausbau der erneuerbaren Energien wird durch das EEG 2023 massiv beschleunigt. Bereits im Jahr 2030 sollen mindestens 80 Prozent des verbrauchten Stroms in Deutschland aus erneuerbaren Energien stammen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden die Ausbaupfade und Ausschreibungsmengen bis 2028/29 deutlich angehoben.

- Dabei wurden die Rahmenbedingungen für den Ausbau der Solarenergie verbessert und die Ausschreibungsvolumina angepasst. Neben Konversionsflächen und verbreiterten Seitenrandstreifen sind die neuen Kategorien Agri-PV, Floating-PV und Moor-PV hinzugekommen.
- Zur Beschleunigung des Ausbaus der Windenergie an Land wird die Degression des Höchstwerts für die Förderung von Wind an Land für zwei Jahre ausgesetzt.
- Wind- und Solarprojekte von Bürgerenergiegesellschaften müssen zur Steigerung der Akzeptanz vor Ort und zum Bürokratieabbau nicht mehr an Ausschreibungen teilnehmen.
- Die Förderung der Biomasse als speicherbarer Energieträger wird mit Fokussierung der Biomassenutzung auf hochflexible Spitzenlastkraftwerke angepasst. Dabei soll Biomasse künftig verstärkt in schwer zu dekarbonisierenden Bereichen in den Sektoren Verkehr und Industrie eingesetzt werden.

Bereits 2022 hat der Hessische Landtag beschlossen, dass Kommunen mit mehr als 20.000 Einwohnern ab dem Dezember 2023 verpflichtet sind, kommunale Wärmepläne zu erstellen (Hessischer Landtag 2022). Im Januar 2024 ist das Wärmeplanungsgesetz des Bundes in Kraft getreten (Bundesministerium der Justiz 2023b). Demnach müssen in größeren Kommunen (mit mehr als 100.000 Einwohnern) bis zum 30. Juni 2026 und in kleineren Kommunen (höchstens 100.000 Einwohner) bis zum 30. Juni 2028 Wärmepläne aufgestellt werden. Daraus folgt, dass nun auch in den hessischen Kommunen mit höchstens 20.000 Einwohnern Wärmepläne erstellt werden müssen.

Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

Abbildung	Seite
1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe 2003-2023 (in TWh).....	2
2 Indikatorensystem des hessischen Energiemonitorings	9
3 Basis und Datengrundlagen des hessischen Energiemonitorings	11
4 Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000-2023 (in PJ)	14
5 Indexentwicklung des PEV nach Energieträgern 2000-2023 (Index 2000 = 100)	14
6 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000-2023 (in PJ).....	15
7 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren 2000-2023 (in PJ)	16
8 Entwicklung des Endenergieverbrauchs in der Industrie nach Energieträgern 2000-2023 (in PJ).....	18
9 Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen nach Energieträgern 2000-2023 (in PJ).....	18
10 Entwicklung des Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte nach Energieträgern 2000-2023 (in PJ)	19
11 Entwicklung von Bruttostromerzeugung, -verbrauch und Stromaustauschsaldo 2000-2023 (in TWh)	20
12 Entwicklung von Brutto- und Nettostromverbrauch 2000-2023 (in TWh, Anteilswerte in %).....	21
13 Stromverbrauch der privaten Haushalte pro Kopf 2000-2023 (in kWh).....	21
14 Entwicklung der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern 2000-2023 (in TWh, Anteilswerte in %)	22
15 Entwicklung von Bruttoinlandsprodukt sowie temperaturbereinigtem Primär- und Endenergieverbrauch (Tber) 2000-2023 (Index 2000 = 100).....	24
16 Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen temperaturbereinigten Primär- und Endenergieproduktivität (Tber) 2000-2023 (Index 2000 = 100)	24
17 Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen temperaturbereinigten Stromproduktivität 2000-2023 (Index 2000 = 100).....	24
18 Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes 2000-2023 (Index 2000 = 100)	25
19 Energie- und Stromintensität nach Industriebranchen in Hessen 2021 (in kWh je 1.000 Euro BWS).....	26
20 Anteile erneuerbarer Energieträger am Primärenergieverbrauch 2003-2023 (in %).....	31
21 Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe 2003-2023 (in TWh).....	32
22 Entwicklung des EEV von Strom, Wärme und Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien 2003-2023 (Index 2003 = 100).....	33
23 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2000 bis 2023 (in TWh, Anteilswerte in %)	34
24 Anteilsentwicklung hessischer erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch 2000-2023 (in %).....	35

25	Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2003-2023 (in TWh, Anteilswerte in %)	36
26	Kraftstoffverbrauch aus erneuerbaren Energien 2000-2023 (in TWh).....	37
27	Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme 2000-2023 (in PJ).....	40
28	Entwicklung des gebäuderelevanten und des gesamten Endenergieverbrauchs in Hessen 2000-2023 (in PJ, Anteilswerte in %)	43
29	Temperaturbereinigter EEV privater Haushalte für Raumwärme und Warmwasser 2000-2023 (Index 2000 = 100)	43
30	Entwicklung fertiggestellter Wohnungen nach zur Heizung verwendeten primären Energiequellen in den Jahren 2011, 2016, 2022 und 2023	46
31	Zubau von Erdwärmesonden-Anlagen in Hessen 2000-2023 (jährlich und kumuliert).....	47
32	Brennholzverbrauch der privaten Haushalte 2000-2023 (in PJ).....	48
33	Entwicklung des Fördervolumens der KfW für Neubau und Gebäudesanierung, Hessen und Deutschland 2008-2023 (Index 2008 = 100).....	48
34	KfW-Förderung zur Steigerung der Energieeffizienz von Wohngebäuden in Hessen 2008-2023 (in Mio. Euro).....	49
35	Im Rahmen des MAP und der BEG durch das BAFA im Jahr 2023 geförderte Anlagen zur Wärme- erzeugung in Hessen.....	50
36	Windvorranggebiete in Hessen	62
37	Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2023 in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach erneuerbaren Energieträgern (kartografische Darstellung in MW)	66
38	Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten am 31.12.2023 nach erneuerbaren Energieträgern (Balkendiagramm in MW).....	67
39	Erzeugte und eingespeiste Strommenge von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach erneuerbaren Energieträgern 2023 (kartografische Darstellung in GWh)	68
40	Erzeugte und eingespeiste Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten im Jahr 2023 nach erneuerbaren Energieträgern (Balkendiagramm in GWh)	69
41	Entwicklung der Nettostrom- und Nettowärmeerzeugung durch KWK-Anlagen 2003-2023 (in GWh)	73
42	In KWK-Anlagen installierte elektrische Leistung zur Stromerzeugung je 1.000 Einwohner zum 31.12.2023 nach hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten (in kW)	75
43	Versorgungsunterbrechungen (SAIDI) Strom nach Bundesländern 2022 (in min/Jahr).....	77
44	Dauer der Überlastung auf den am stärksten betroffenen Netzelementen in Deutschland, 1. Quartal 2024.....	79
45	Stand der Vorhaben aus dem BBPIG und EnLAG zum 31.03.2024	82
46	Investitionen in die Stromnetze in Deutschland 2010-2023 (in Mrd. Euro).....	86
47	Das Gas-Fernleitungsnetz zum 01.01.2023	88

48	Investitionen in die Gasnetze in Deutschland 2013-2023 (in Mrd. Euro).....	89
49	SAIDI-Werte Gas in den Bundesländern 2023 (in min/Jahr).....	90
50	Entwicklung des SAIDI-Wertes für die deutschen Gasnetze 2006-2023 (in min/Jahr).....	90
51	Wasserstoff-Kernnetz.....	92
52	Wärmenetzlänge in den Bundesländern im Jahr 2022.....	93
53	Mittlere Wärmelinienichte in den Bundesländern im Jahr 2022.....	93
54	Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Verkehrsträgern 2000-2023 (in PJ, Anteilswerte in %).....	97
55	Stromverbrauch für Mobilität 2015-2023 (Angaben in PJ).....	97
56	Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Energieträgern 2000-2023 (in PJ).....	98
57	Spezifischer Endenergieverbrauch im Verkehrssektor 2000-2023, Anzahl der Kraftfahrzeuge und der Einwohner (Index 2000 = 100).....	98
58	Entwicklung der Anzahl von Personenkraftwagen mit Elektroantrieb und der Ladepunkte in Hessen 2010-2024.....	103
59	Entwicklung der Treibhausgasemissionen 1990-2021 (in Mio. t CO ₂ -Äquivalente, Zusammensetzung nach Gasen in %).....	106
60	Entwicklung der Treibhausgasemissionen (ohne Fluor-Gase) nach Quellgruppen 1990-2021 (in Mio. t CO ₂ -Äquivalente).....	107
61	Entwicklung der Treibhausgas- emissionen (einschließl. Fluor-Gase) pro Kopf und bzgl. BIP 2000-2021 (Index 2000 = 100).....	107
62	Entwicklung der Treibhausgasemissionen (einschließl. Fluor-Gase) pro Kopf 1990-2021 (in t CO ₂ -Äquivalente je Einwohner).....	108
63	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen nach Sektoren 2022 (Anteile in %).....	108
64	Entwicklung der energiebedingten CO ₂ -Emissionen nach Sektoren 1990-2022 (Index 1990 = 100).....	109
65	Durch den Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Treibhausgasemissionen 2005-2023 (in Mio. t CO ₂ -Äquivalente).....	111
66	Entwicklung der Lebenshaltungskosten insgesamt und der Preise für Energieträger für private Haushalte in Deutschland 2000-2023 (nominal, einschließlich MwSt.; Index 2000 = 100).....	114
67	Entwicklung des Strompreises in Deutschland für Haushalte nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010, 2015 und 2020-2024 (in Cent je kWh).....	114
68	Preisentwicklung des Bruttoinlandsprodukts sowie der Ausgaben für Energie von Industrieunternehmen in Deutschland 2000-2023 (nominal, ohne MwSt.; Index 2000 = 100).....	115
69	Entwicklung des Strompreises bei Neuabschluss für Industrieunternehmen mit einem Jahresverbrauch von bis zu 20 GWh in Deutschland nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010, 2015 und 2020-2024 (in Cent je kWh).....	116
70	KWK-Index zur Preisentwicklung des an der EEX für Deutschland gehandelten Grundlaststroms 2000-2023 (in Euro je MWh).....	117
71	Preisentwicklung energetischer Rohstoffeinfuhren in Deutschland 2000-2022 (nominal; Index 2000 = 100).....	117

72	Halbjahresentwicklung der Preise für CO ₂ -Emissionen 1. Halbjahr 2010 bis 2. Halbjahr 2023 nach EU ETS (in Euro je t CO ₂)	118
73	Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen nach Anlagearten in Hessen 2011-2023 (nominal, in Mio. Euro).....	120
74	Entwicklung der spezifischen Investitionskosten für Photovoltaik- und Windenergieanlagen in Hessen und im Bundesdurchschnitt 2011-2023 (in Euro je kW installierter Leistung).....	120
75	Investitionen hessischer Betriebe des Produzierenden Gewerbes zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien 2006-2021 (nominal, in Mio. Euro)	121
76	Beschäftigungsentwicklung in Energieversorgungsunternehmen in Hessen 2000-2023	122
77	Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Hessen 2012-2021	123
78	Förderung der Energieforschung des Landes Hessen 2008-2022 (nominal, in Mio. Euro)	125

Tabelle**Seite**

1	Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch in Hessen 2023	42
2	Nach Alter differenzierte Öl- und Gasfeuerungsanlagen 2015, 2020, 2021, 2022 und 2023	44
3	Im Jahr 2023 fertiggestellte Wohngebäude und Wohnungen nach zur Heizung verwendeten primären und sekundären Energiequellen (Neubau, ohne Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden, Anzahl, Anteilswerte in %).....	45
4	Wohnungsförderung der KfW in Hessen 2023	49
5	Anzahl und installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2023 in Hessen nach Energieträgern	55
6	Neu in Betrieb genommene und stillgelegte erneuerbare Energieanlagen in Hessen sowie Netto-Zubau 2019 bis 1. Halbjahr 2024 (Anzahl)	56
7:	Neu in Betrieb genommene und stillgelegte Leistung sowie Leistungsänderung und Netto-Zubau von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen 2019 bis 1. Halbjahr 2024 (in MW)	57
8	Gebote und Zuschläge von hessischen Photovoltaikanlagen im Rahmen von Ausschreibungen von Solaranlagen 2015-2024.....	59
9	Jährliche Genehmigungen von Windenergieanlagen in Hessen 2021 bis zum 1. Halbjahr 2024.....	60
10	Gebote und Zuschläge von hessischen Windenergieprojekten im Rahmen der Ausschreibungen von Windenergie an Land von 2017-2024	60
11	Schätzung der eingespeisten Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen nach Energieträgern 2023 (in GWh).....	63
12	Die fünf Landkreise mit dem größten Ausbau elektrischer Leistung von erneuerbaren Energieanlagen 2023.....	70
13	Anzahl und installierte elektrische Leistung konventioneller Energieanlagen ≥ 10 MW in Hessen nach Energieträgern 2023	71
14	Anzahl sowie elektrische und thermische Leistung der KWK-Anlagen in Hessen zum 31.12.2023 nach Leistungskategorie und Energieträgern.....	73
15	Merkmale der durch Hessen verlaufenden Vorhaben aus dem BBPIG zum 15.07.2024	80
16	Merkmale der in Hessen verlaufenden Vorhaben nach EnLAG zum 15.07.2024.....	84
17	Fahrleistungen mautpflichtiger Lkw auf hessischen Autobahnen 2023	99
18	Fahrleistungen mautpflichtiger Lkw nach Schadstoffklasse und Achsklasse 2023 (in 1.000 km).....	100
19	Personenkraftfahrzeuge in Hessen nach Antriebsarten zum Jahresbeginn 2010 und 2024 sowie im Vorjahresvergleich	101
20	Aus Hessen beim BAFA gestellte Anträge für Umweltbonus von 2020-2023	102
21	Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung in Hessen 2011-2023 (nominal, in Mio. Euro).....	119
23	Anzahl der in Hessen von 2022 bis zum 30.06.2024 neu bewilligten Förderprojekte zur Energieforschung nach Fördersumme (nominal, in Euro).....	126
24	Anzahl der Patente im Bereich erneuerbarer Energien in den Bundesländern 2013-2022.....	128

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 ₄	Methan
CO ₂	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 Strukturforchung
HA	HA Hessen Agentur GmbH
HEG	Hessisches Energiegesetz
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
HMLU	Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat
HMUKLV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
HMWEVW	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen
HMWK	Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Forschung, Kunst und Kultur
HMWWV	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum
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
KSG	Klimaschutzgesetz
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
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz

NAPE	Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz
NECP	National Energy and Climate Plan
NEP	Netzentwicklungsplan
NF ₃	Stickstofftrifluorid
NKS Energie	Nationale Kontaktstelle Energie
N ₂ 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
RePoSe	Realtime Power Supply for E-Fuels
RMV	Rhein-Main-Verkehrsverbund
SAF	Sustainable Aviation Fuels
SAIDI	System Average Interruption Duration Index
SF ₆	Schwefelhexafluorid
SKE	Steinkohleeinheit
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

Anpassungsmaßnahmen	Anpassungen von Stromeinspeisungen und / oder Stromabnahmen auf Verlangen des Netzbetreibers, wenn andere Maßnahmen nicht ausreichen, ohne Entschädigung.
Arbeitsgasvolumen	Das Arbeitsgasvolumen von Untertage-Gasspeichern ist das tatsächlich nutzbare Speichervolumen, das ein- oder ausgelagert wird.
Biogas	Biogas entsteht, wenn Biomasse unter Ausschluss von Licht und Sauerstoff in einem Gärbehälter, dem Fermenter einer Biogasanlage, durch bestimmte Bakterien abgebaut wird. Biogas besteht aus Methan, Kohlendioxid, Sauerstoff, Stickstoff und Spurengasen (u. a. Schwefelwasserstoff). Der Hauptbestandteil, das Methan, ist energetisch nutzbar. Biogas kann sowohl aus Energiepflanzen (z. B. Mais, Getreide) als auch aus Rest- und Abfallstoffen wie Biomüll, Abfällen aus der Nahrungsmittelindustrie, Ernteresten und Stroh sowie tierischen Exkrementen wie Gülle und Mist gewonnen werden.
Biomasse	<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">• den in der Natur lebenden Pflanzen und Tieren,• deren Rückständen (z. B. abgestorbene Pflanzen wie Stroh) und Nebenprodukten (z. B. Exkremente wie Gülle),• im weiteren Sinne allen organischen Stoffen, die durch eine technische Umwandlung (z. B. Papier, Zellstoff, Pflanzenöl) oder durch eine andere Nutzung entstanden sind (z. B. Biomüll, Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie).
Biokraftstoff	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.
Blindleistung	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.
Blockheizkraftwerk	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.
Bruttobeschäftigung	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.

Bruttostromerzeugung / Nettostromerzeugung	Die Bruttostromerzeugung umfasst die insgesamt erzeugte Strommenge eines Landes oder einer Region. Nach Abzug des Eigenverbrauchs der Kraftwerke verbleibt die Nettostromerzeugung.
Bruttostromverbrauch / Nettostromverbrauch	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.
Countertrading- Maßnahmen	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.
CO₂-Äquivalent	Das CO ₂ -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 ₂ gestellt. Die Angabe erfolgt in der Regel in Gramm CO ₂ pro Kilowattstunde bereitgestellter Energie (g CO ₂ /kWh).
EEG	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.
EEG-Umlage	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“).
Einspeisemanagement	Abregelung von Stromeinspeisungen aus erneuerbaren Energie- und KWK-Anlagen auf Verlangen des Netzbetreibers mit Entschädigung.
Emissionszertifikate	Ein Emissionszertifikat ist ein verbrieftes und übertragbares Nutzungsrecht für die Emission einer bestimmten Menge an Treibhausgasen. Die Zertifikate werden u. a. im Rahmen des EU-Emissionshandels (European Union Emission Trading System, EU ETS) gehandelt.
Endenergie	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.
Endenergieverbrauch	Als Endenergieverbrauch wird die Verwendung von Energieträgern in einzelnen Verbrauchssektoren bezeichnet, sofern sie unmittelbar zur Erzeugung von Nutzenergie oder für Energiedienstleistungen eingesetzt werden.

Energieverbrauch	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 HSL 2024b).
Energiebilanz	Eine Energiebilanz gibt in Form einer Matrix Aufkommen, Umwandlung und Verwendung von Energieträgern in einer Volkswirtschaft für einen bestimmten Zeitraum, meist ein Jahr, an.
Energiedienstleistung	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.
Energieeffizienz	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.
Energieeinsparung	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.
Energieintensität	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.
Energieproduktivität	Die Energieproduktivität ist ein Maß dafür, wie viel Geldeinheiten wirtschaftlicher Leistung pro Einheit eingesetzter Energie erzeugt werden, und ist somit der Kehrwert der Energieintensität.
Energieträger	Energieträger sind Stoffe, in denen Energie mechanisch, thermisch, chemisch oder physikalisch gespeichert ist.
Erneuerbare Energien	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.

Fernwärme	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.
GHD-Sektor	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.
Geothermie	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.
Gesicherte Leistung (auch: gesicherte Kraftwerksleistung)	<p>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 %) sind einberechnet.</p> <p>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.</p>
Horizon Europa	Rahmenprogramm der Europäischen Union für Forschung und Innovation.
Installierte Leistung	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.
Kraft-Wärme-Kopplung	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.
Leistung	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.

Marktprämie	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.
(n-1)-Sicherheit	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.
Nennleistung	Nennleistung bezeichnet die maximale Leistung eines Kraftwerks unter Nennbedingungen.
Netto-Nennleistung	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-Nennleistung, die als elektrischer Strom an das Stromnetz abgegeben wird.
Netzbooster	Innovatives Konzept zur Höherauslastung des Übertragungsnetzes. Durch eine reaktive Netzbetriebsführung sollen damit Kosten für Redispatchmaßnahmen eingespart werden.
ORC	Der Organic Rankine Cycle ist ein Verfahren des Betriebs von Dampfturbinen mit einem anderen Arbeitsmedium als Wasserdampf, wie z. B. brennbaren Gasen oder Silikonöl.
Photovoltaik	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.
Power-to-Gas	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 ₂ 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.
Power-to-Liquid	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.
Primärenergie	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						
	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.

Sektorenkopplung	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.
Selbstverbrauch	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.
Smart Grid	Intelligentes Stromnetz.
Smart Meter	Intelligente Messsysteme.
Smart-Meter-Gateway	Zentrale Kommunikationseinheit eines intelligenten Messsystems, das die Messeinrichtungen mit den verschiedenen Marktteilnehmern verbindet.
Solarthermie	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.
Stromintensität	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.
Stromproduktivität	Die Stromproduktivität ist ein Maß dafür, wie viel Geldeinheiten wirtschaftlicher Leistung pro Einheit eingesetzten Stroms erzeugt werden, und ist somit der Kehrwert der Stromintensität.
Trading Hub Europe	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.
Treibhausgasbilanz	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 (u. a. Wirtschaft, Konsum) verursachten Schadstoffeinträge konzentriert. Die CO ₂ -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 ₂ -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

	<p>Berechnungsfelder werden die Methoden des Länderarbeitskreises Energiebilanzen angewandt. Die Berechnung der CH₄- und N₂O-Emissionen erfolgt im Rahmen der umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder nach der dort festgelegten, für alle Bundesländer einheitlichen Methode. Für weitergehende methodische Erläuterungen siehe HMuKLV 2023.</p>
Treibhausgas-minderungsquote	<p>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.</p>
Volllaststunden	<p>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.</p>
Wasserkraft	<p>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.</p>
Wirkungsgrad	<p>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.</p>

Literatur- und Quellenverzeichnis

50hertz, amprion, Transnet BW, Tennet (2024)

Deutsches Übertragungsnetz, Netztransparenz.de: Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, 2024, <https://www.netztransparenz.de/de-de/>, abgerufen am 05.07.2024.

AGEB (2024)

Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2023, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V., Berlin, März 2024, <https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primae-renergieverbrauch/>, abgerufen am 17.05.2024.

AGEB (2023)

Energieverbrauch in Deutschland: Daten für das 1. Quartal 2023, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V., Berlin, Datenstand 25.05.2023, https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/06/quartalsbericht_q1_2023.pdf, abgerufen am 24.06.2023.

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 (2024)

Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland (Stand: Februar 2024), Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik, Dessau-Roßlau, 2024, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen/arbeitsgruppe-erneuerbare-energien-statistik>, abgerufen am 09.07.2024.

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 (2023)

AGFW-Hauptbericht 2022, Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V., Frankfurt am Main, Dezember 2023, <https://www.agfw.de/zahlen-und-statistiken/agfw-hauptbericht/>, abgerufen am 04.07.2024.

BAFA (2024a)

Sonderauswertung über die in Hessen geförderten Anlagen im Rahmen des Marktanzreizprogramms und der Bundesförderung effiziente Gebäude im Jahr 2023, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2024, unveröffentlicht.

BAFA (2024b)

Elektromobilität (Umweltbonus). Zwischenbilanz zum Antragstand vom 01.12.2023, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2024, https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/e-mob_zwischenbilanz.pdf, abgerufen am 17.05.2024.

BAG (2024)

Mautdaten Bund, 01.2023-12.2023, Bundesamt für Güterverkehr, Köln, 2024, https://www.bag.bund.de/DE/Navigation/Verkehrsaufgaben/Statistik/statistik_node.html, abgerufen am 20.03.2024.

BASt (2024)

Maut, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2024, https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-maut.html, abgerufen am 20.03.2024.

BDEW (2024)

BDEW-Strompreisanalyse Juli 2024, Haushalte und Industrie, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 2024, https://www.bdew.de/media/documents/240703_BDEW-Strompreisanalyse_Juli_2024_Korrektur.pdf, abgerufen am 11.07.2024.

BMDV (2024)

Gesamtkonzept Erneuerbare Kraftstoffe, Bundesministerium für Digitales und Verkehr, <https://erneuerbare-kraftstoffe.de/projekte/>, abgerufen am 13.08.2024.

BMWK (2024a)

Gas, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Energie/gas.html?cms_artId=4fec93e3-2ba4-4b9d-82b8-74d89364637a, abgerufen am 05.07.2024.

BMWK (2024b)

Wasserstoffnetz für die Energiewende – wichtige Weichen für koordinierten und privatwirtschaftlichen Aufbau sind gestellt, in: Schlaglichter Wirtschaftspolitik 02/24, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2024/02/07-wasserstoffnetze-energiewende.html>, abgerufen am 07.07.2024.

BMWK (2024c)

Gasspeichergesetz - Versorgungssicherheit durch volle Gasspeicher, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/220325_faktenpapier_gasspeichergesetz.pdf?__blob=publicationFile&v=8, abgerufen am 05.07.2024.

BMWK (2024d)

Bundesbericht Energieforschung 2024: Forschungsförderung für die Energiewende, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2024, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/240716-bundesbericht-energieforschung-2024.html>, abgerufen am 07.08.2024.

BMWK (2024e)

Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2024, https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html, abgerufen am 16.05.2024.

BMWK (2024f)

Kommunale Wärmeplanung für ganz Deutschland, Berlin, 2024, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/waermeplanungsgesetz-2213692>, abgerufen am 04.07.2024.

BMWK (2024g)

Ein Stromnetz für die Energiewende, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2024, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/netze-und-netzausbau.html>, abgerufen am 05.07.2024.

BMWK (2024h)

Wasserstoffnetz für Deutschland – Ausbau und Finanzierung, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2024/02/07-wasserstoffnetze-energiewende.html>, abgerufen am 07.07.2024.

BMWK (2023a)

Windenergie-an-Land-Strategie. Wir stellen die Weichen für 160 Gigawatt Wind an Land bis 2035, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, Mai 2023, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/windenergie-an-land-strategie.pdf?__blob=publicationFile&v=11, abgerufen am 26.06.2023.

BMWK (2023b)

8. Energieforschungsprogramm zur angewandten Energieforschung – Forschungsmissionen für die Energiewende, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, Oktober 2023, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/8-energieforschungsprogramm-zur->

[angewandten-energieforschung.html](#), abgerufen am 12.07.2024.

BNetzA (2024a)

Marktstammdatenregister, Bundesnetzagentur, Bonn, August 2024, <https://www.marktstammdatenregister.de>, abgerufen am 12.08.2024.

BNetzA (2024b)

Kraftwerksliste Bundesnetzagentur (bundesweit; alle Netz- und Umspannebenen), Stand: 15.04.2024, Bundesnetzagentur, Bonn, April 2024, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.html>, abgerufen am 09.07.2024.

BNetzA (2024c)

Kraftwerksliste Bundesnetzagentur zum erwarteten Zu- und Rückbau 2024 bis 2026, Stand: 15.04.2024, Bundesnetzagentur, Bonn, April 2024 <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.html>, abgerufen am 26.06.2023.

BNetzA (2024d)

Wasserstoff-Kernnetz, Bundesnetzagentur, Bonn, 2024, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>, abgerufen am 07.07.2024.

BNetzA (2024e)

Monitoring des Stromnetzausbaus, Erstes Quartal 2024, Bundesnetzagentur, Bonn, Juni 2024, https://data.netzausbau.de/Vorhaben/Monitoring/Monitoringbericht_Q1-24.pdf, abgerufen am 10.07.2024.

BNetzA (2024f)

Netzausbau, Bundesnetzagentur, Bonn, 2024, <https://www.netzausbau.de/Vorhaben/uebersicht/liste/liste.html>, abgerufen am 15.07.2024.

BNetzA (2024g)

Kennzahlen der Versorgungsunterbrechungen Strom, Bonn, 2024, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Versorgungsunterbrechungen/Auswertung_Strom/start.html, abgerufen am 25.06.2024.

BNetzA (2024h)

SMARD Strommarktdaten, Stromhandel und Stromerzeugung in Deutschland, Bundesnetzagentur, Bonn, 2024, <https://www.smard.de/page/home/topic-article/444/213590>, abgerufen am 12.08.2024.

BNetzA (2024i)

Feststellung des Bedarfs an Netzreserve für den Winter 2024/2025 sowie den Betrachtungszeitraum April 2026 bis März 2027, Bonn, 30. April 2024, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Netzreserve/Netzreservebedarf_2024.pdf?__blob=publicationFile&v=2, abgerufen am 05.07.2024.

BNetzA (2024j)

Kennzahlen der Versorgungsunterbrechungen Gas, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Versorgungsunterbrechungen/Auswertung_Gas/start.html, abgerufen am 12.08.2024.

BNetzA (2024k)

Beendete Ausschreibungen Solar-Freifläche, Bonn, Februar 2024, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Solaranlagen1/BeendeteAusschreibungen/start.html>, abgerufen am 16.08.2024.

BNetzA (2024l)

Beendete Ausschreibungen Solar Aufdach, Bonn, August 2024, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Solaranlagen2/BeendeteAusschreibungen/start.html>, abgerufen am 16.08.2024.

BNetzA (2024m)

Beendete Gemeinsame Ausschreibung Wind/Solar, Bonn, Juni 2024, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Gemeinsame_Wind_Solar/BeendeteAusschreibungen/start.html, abgerufen am 09.07.2024.

BNetzA (2024n)

Hintergrundinformationen Gasversorgung, Bundesnetzagentur, Bonn, 2024, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/Hintergrund/start.html>, abgerufen am 21.06.2024.

BNetzA (2024o)

Elektromobilität: Öffentliche Ladeinfrastruktur, April 2024, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/E-Mobilitaet/start.html>, abgerufen am 31.05.2024.

BNetzA (2024p)

Beendete Ausschreibungen Windenergie an Land, Bonn, Juli 2024, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Wind_Onshore/BeendeteAusschreibungen/artikel.html, abgerufen am 16.08.2024.

BNetzA (2024q)

Aktuelle Lage der Gasversorgung in Deutschland, Bundesnetzagentur, Bonn, 2024, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/aktuelle_gasversorgung/start.html, abgerufen am 12.08.2024.

BNetzA (2024r)

Wasserstoffkernnetz, Bundesnetzagentur, Bonn, 2024, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>, abgerufen am 28.10.2024

BNetzA (2023)

Vorhaben von gemeinsamem Interesse (PCI), Bonn, 2023, <https://www.netzausbau.de/Wissen/Europa/PCI/PCI.html>, abgerufen am 12.07.2024.

BNetzA, BKartA (2023)

Marktbeobachtung Monitoringbericht 2023, Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB, Bundesnetzagentur, Bundeskartellamt, Bonn, Stand: 29.11.2023. <https://data.bundesnetzagentur.de/Bundesnetzagentur/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/MonitoringberichtEnergie2023.pdf>, abgerufen am 25.06.2024.

Borderstep (2023a)

Wie nachhaltig ist Abwärmenutzung aus Rechenzentren? R. Hintemann, Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, Berlin, 2023, <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2023/12/Hintemann-Nachhaltigkeit-15122023.pdf>, abgerufen am 17.05.2024.

Borderstep (2023b)

Rechenzentren in Deutschland, Aktuelle Marktentwicklungen – Update 2023, Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, Berlin, 2023, <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2023-05/BitkomStudieRechenzentreninDeutschland2023.pdf>, abgerufen am 17.05.2024.

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, abgerufen am 29.06.2022.

Bundesministerium der Justiz (2023a)

Bundesgesetzblatt, BGBl. 2023 I Nr. 133 vom 26.05.2023, Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende vom 22. Mai 2023, <https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2023/133/VO.html>, abgerufen am 30.06.2024.

Bundesministerium der Justiz (2023b)

Bundesgesetzblatt, BGBl. 2023 I Nr. 394, Wärmeplanungsgesetz vom 20. Dezember 2023, <https://www.gesetze-im-internet.de/wpg/BJNR18A0B0023.html>, abgerufen am 30.06.2024.

Bundesregierung (2023a)

Intelligente Strommessgeräte: Neustart für die digitale Energiewende, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Berlin, 2023, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/digitale-energiewende-2157184>, abgerufen am 30.06.2024

Bundesregierung (2023b)

Gasspeichergesetz – Volle Gasspeicher sichern Energieversorgung, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Berlin, 2023, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/gasspeichergesetz-2029266>, abgerufen am 05.07.2024.

Bundesregierung (2022a)

Änderung des Energiesicherungsgesetzes: Sichere Energieversorgung – auch in Krisenzeiten, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Berlin, 2022, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/energiesicherheit-2027654>, abgerufen am 05.07.2024.

Bundesregierung (2022b)

Fortschrittsbericht Energiesicherheit, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Berlin, 2022, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/krieg-in-der-ukraine/energiesicherheit-2020718>, abgerufen am 05.07.2024.

Deutsche Börse (2024)

Co2 Emissionsrechte, Deutsche Börse AG, Eschborn, Juni 2024, <https://www.boerse.de/historische-kurse/Co2-Emissionsrecht/preis/XC000A0C4KJ2>, abgerufen am 26.06.2024.

Destatis (2024a)

Statistischer Bericht, Preise, Verbraucherpreisindizes für Deutschland, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2024, https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Verbraucherpreisindex/_inhalt.html#, abgerufen am 20.06.2024.

Destatis (2024b)

Daten zur Energiepreisentwicklung 2023 <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/statistischer-bericht-energiepreisentwicklung-5619001241035.html>, abgerufen am 20.06.2024.

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, abgerufen am 08.04.2020.

EFET (2020)

Strombeschaffung und Stromhandel, EFET Deutschland – Verband Deutscher Energiehändler e. V., Berlin, 2020, <https://www.dihk.de/resource/blob/16826/406b0cf506b3d2d5fadf9bfae8f70b81/dihk-faktenpapier-strombeschaffung-und-handel-data.pdf>, abgerufen am 23.06.2021.

European Energy Exchange (2024)

Marktdaten Strom – KWK-Index, European Energy Exchange AG, Leipzig, <https://www.eex.com/de/marktdaten/strom/kwk-index>, abgerufen am 20.06.2024.

FNB Gas (2024)

Netzentwicklungsplan Gas 2022-2032, Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e. V., Berlin, Stand: 20.03.2024, https://fnb-gas.de/wp-content/uploads/2024/03/2024_03_20_NEP-2022_Gas_FINAL_DE.pdf, abgerufen am 07.07.2024.

FNB Gas (2023)

Wasserstoff Kernnetz, Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e. V., Berlin, 2023, <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz-wasserstoff-kernnetz/>, abgerufen am 07.07.2024.

Fraport (2024)

Pressemitteilung vom 16.01.2024: Fraport-Verkehrszahlen 2023, Frankfurt, <https://www.fraport.com/de/newsroom/pressemitteilungen/2024/verkehrszahlen/fraport-verkehrszahlen-2023--aufwaertstrend-bei-passagierzahlen-.html>, abgerufen am 02.07.2024.

Gas Infrastructure Europe (2024)

GIE Aggregated Gas Storage Inventory <https://agsi.gie.eu/>, abgerufen am 01.10.2024.

GWS (2023)

Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern. Bericht zur aktualisierten Abschätzung der Bruttobeschäftigung 2021 in den Bundesländern. GWS Research Report 2023/03, Osnabrück, <https://gws-os.com/de/publikationen/alle-publikationen/detail/erneuerbar-beschaefigt-in-den-bundeslaendern>, abgerufen am 02.07.2024.

HEG (2012)

Hessisches Energiezukunftsgesetz, 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://rp-kassel.hessen.de/sites/rp-kassel.hessen.de/files/2022-06/abschlussbericht.hess._.energiegipfel_0.pdf, abgerufen am 09.07.2024.

Hessische Landesregierung (2023)

Eine für Alle – Hessenvertrag der demokratisch-christlich-sozialen Koalition 2024–2029, Wiesbaden, Dezember 2023.

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 (2023)

Hessisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (Hessisches Klimagesetz – HKlimaG) vom 26. Januar 2023, GVBl. 2023, Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen Nr. 3, 7. Februar 2023, <https://landwirtschaft.hessen.de/sites/landwirtschaft.hessen.de/files/2023-02/klimagesetz.pdf>, abgerufen am 13.06.2023.

Hessischer Landtag (2022)

Gesetz zur Änderung des Hessischen Energiegesetzes und der Hessischen Bauordnung, vom 22.11.2022, Ausgegeben zu Wiesbaden am 28.11.2022, Nr. 36, S. 571-575.

HLNUG (2024)

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) – Sonderauswertung des Erdwärmeverzeichnisses, unveröffentlicht, Wiesbaden, 2024.

HMLU (2024)

Sonderauswertung zur Genehmigungsdauer von Windenergieanlagen, Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat, Wiesbaden, Juli 2024.

HMUKLV (2023)

Treibhausgasbilanz für das Land Hessen Bilanzjahr 2021, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, Dezember 2022, <https://landwirtschaft.hessen.de/klimaschutz/co2-und-treibhausgasbilanz>, abgerufen am 16.07.2024.

HMUKLV, HMWEVW (2023)

Gemeinsamer Erlass. Neuregelungen zur Beschleunigung des Windenergieausbaus (u. a. Oster- und Sommerpaket, EU-NotfallVO), Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, Wiesbaden, Mai 2023, https://landesplanung.hessen.de/sites/landesplanung.hessen.de/files/2024-07/november_2023_gemeinsamer_erlass_hmuklv_hmwevw_neuregelungen_zur_beschleunigung_w ea_ausbau.pdf, abgerufen am 16.07.2024.

HMWEVW (2023)

Energiewende in Hessen Monitoringbericht 2023, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, Wiesbaden, 2023.

HMWEVW (2022)

Energiewende in Hessen Monitoringbericht 2022, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, Wiesbaden, 2022.

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 (2023)

Länderbericht zum Stand des Ausbaus der erneuerbaren Energien sowie zu Flächen, Planungen und Genehmigungen für die Windenergienutzung an Land an das Sekretariat des Bund-Länder-Kooperationsausschusses im Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gemäß § 98 EEG 2023. Bericht 2023, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden,

2023, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/EEG-Kooperationsausschuss/2023/laenderbericht-hessen-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=6, abgerufen am 16.08.2024.

HSL (2024a)

Datenbereitstellung im Rahmen der Erstellung des Monitoringberichts. Sonderauswertungen und Zeitreihen aus verschiedenen Fachstatistiken (Energiestatistik, Statistik des Verarbeitenden Gewerbes, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Bevölkerungsstatistik, Umweltstatistik), Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2024.

HSL (2024b)

Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Hessen im Jahr 2022, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2024.

HSL (2024c)

Baufertigstellungen in Hessen im Jahr 2023, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2024.

HSL (2024d)

Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung in Hessen und Deutschland 2016 bis 2023, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2024.

HSL (2024e)

Energieversorgung in Hessen im Juni 2024, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, Oktober 2024, https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/2024-10/EIV1_EIV2_EIV3m_24-06.pdf, abgerufen am 07.10.2024.

HSL (2023)

Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Hessen im Jahr 2021, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2023.

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 (2024)

Bereitstellung aktueller Daten zur Energieversorgung in Hessen bis zum Jahr 2023, Leipziger Institut für Energie GmbH, Leipzig, April 2024.

IE-Leipzig (2023)

Bereitstellung aktueller Daten zur Energieversorgung in Hessen bis zum Jahr 2022, Leipziger Institut für Energie GmbH, Leipzig, Mai 2024.

KBA (2024)

Fahrzeugbestand nach Umweltmerkmalen, Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg, 2024, https://www.kba.de/DE/Statistik/statistik_node.html, abgerufen am 15.05.2024.

KfW (2024)

Förderreporte 2009 bis 2023, Kreditanstalt für Wiederaufbau, Frankfurt, 2024, https://www.kfw.de/Presse-Newsroom/Pressematerial/F%C3%B6rderreport/KfW-F%C3%B6rderreport_2022.pdf, abgerufen am 31.03.2024.

KSG (2024)

Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 235) geändert worden ist, Berlin, 2024 <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/KSG.pdf>, abgerufen am 30.07.2024.

LAK (2024)

Methodik der Energiebilanzen, Länderarbeitskreis Energiebilanzen, Bremen, 2023, <https://www.lak-energiebilanzen.de/methodik-der-energiebilanzen/>, abgerufen am 15.06.2024.

LEA (2022)

Metastudie Sektorkopplung in Hessen, LandesEnergie-Agentur Hessen, Wiesbaden, 2022, 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 (2024)

Datenbereitstellung im Rahmen der Erstellung des Monitoringberichts, LDEW Landesverband der Energie- und Wasserwirtschaft Hessen/Rheinland-Pfalz e. V., Mainz, 2024.

LIS-A (2024)

LänderInformationsSystem für Anlagen, Datenstand 15.07.2024, Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat, Wiesbaden, 2024, <https://www.hlnug.de/themen/luft/windenergie-in-hessen>, abgerufen am 09.07.2024.

LIV (2024)

Landesinnungsverband Schornstiefegerhandwerk Hessen (LIV) – hessischer Beitrag zu den Erhebungen des Schornstiefegerhandwerks für 2023, unveröffentlicht, Bebra, 2024.

LIV (2023)

Landesinnungsverband Schornstiefegerhandwerk Hessen (LIV) – hessischer Beitrag zu den Erhebungen des Schornstiefegerhandwerks für 2022, unveröffentlicht, Bebra, 2023.

LIV (2022)

Landesinnungsverband Schornstiefegerhandwerk Hessen (LIV) – hessischer Beitrag zu den Erhebungen des Schornstiefegerhandwerks für 2021, unveröffentlicht, Bebra, 2022.

LIV (2021)

Landesinnungsverband Schornstiefegerhandwerk Hessen (LIV) – hessischer Beitrag zu den Erhebungen des Schornstiefegerhandwerks für 2020, unveröffentlicht, Bebra, 2021.

LIV (2016)

Landesinnungsverband Schornstiefegerhandwerk Hessen (LIV) – hessischer Beitrag zu den Erhebungen des Schornstiefegerhandwerks 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.

PTJ (2024a)

Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2022, Projektträger Jülich, noch unveröffentlicht.

PTJ (2024b)

Energie Wende Bauen: Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere, Projektträger Jülich, <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi?op=enargus.eps2>, abgerufen am 16.08.2024.

PTJ (2024c)

EnArgus: Zentrales Informationssystem Energieforschungsförderung, Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, 2024, <https://www.enargus.de/>, abgerufen am 09.07.2024.

RP Darmstadt (2023)

RP bündelt Windkraft-Kompetenz in Darmstadt und trägt so neuer Antragswelle Rechnung, Regierungspräsidium Darmstadt, Darmstadt, Pressemitteilung vom 09.01.2023, <https://rp-darmstadt.hessen.de/presse/rp-buendelt-windkraft-kompetenz-in-darmstadt-und-traegt-so-neuer-antragswelle-rechnung>, abgerufen am 09.07.2024.

RP Darmstadt (2019/2021)

Sachlicher Teilplan Erneuerbare Energien (TPEE) 2019, Regionalplan Südhessen / Regionaler Flächennutzungsplan 2010, Regierungspräsidium Darmstadt, Regionalverband FrankfurtRheinMain, Darmstadt, Frankfurt, 2019, 1. Änderungsverfahren durch die Regionalversammlung im Jahr 2021 beschlossen, <https://rp-darmstadt.hessen.de/planung/regionalplanung/regionalplansuedhessen/teilplan-erneuerbare-energien>, abgerufen am 09.07.2024.

RP Gießen (2016/2020)

Teilregionalplan Energie Mittelhessen 2016/2020, Regierungspräsidium Gießen, Gießen, 2016, im ergänzenden Verfahren durch die Regionalversammlung im Jahr 2020 bestätigt, <https://www.energieportal-mittelhessen.de/teilregionalplan-energie/genehmigte-fassung-2020>, abgerufen am 09.07.2024.

RP Kassel (2017/2020)

Teilregionalplan Energie Nordhessen, Regierungspräsidium Kassel, Kassel, 2017, im ergänzenden Verfahren durch die Regionalversammlung im Jahr 2020 bestätigt, <https://rp-kassel.hessen.de/landesentwicklung/erneuerbare-energien/windenergie>, abgerufen am 09.07.2024.

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, abgerufen am 09.06.2022.

Umweltbundesamt (2001)

Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Flugverkehrs, Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 2001.

ÜNB (2023)

EEG-Anlagenstamm- und Bewegungsdaten der Übertragungsnetzbetreiber, 50hertz, Amprion, TenneT, TransnetBW im Rahmen der EEG-Jahresabrechnung 2022, Juli 2023, <https://www.netztransparenz.de/EEG/Jahresabrechnungen>, abgerufen am 27.02.2024.

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 (2024a)

Investitionen in Erneuerbare Energien-Anlagen in Hessen im Jahr 2022, Ergebnisdokumentation, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2024, unveröffentlicht.

ZSW (2024b)

Sonderauswertung der Patentstatistik des Deutschen Patent- und Markenamtes (Stand: 31.05.2024), Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2024, unveröffentlicht.

ZSW (2023)

Investitionen in Erneuerbare Energien-Anlagen in Hessen im Jahr 2022, Ergebnisdokumentation, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2023, unveröffentlicht.

ZSW (2022)

Investitionen in Erneuerbare Energien-Anlagen in Hessen im Jahr 2021, Ergebnisdokumentation, 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, 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, Wohnen und ländlichen Raum
Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden
www.wirtschaft.hessen.de

Verfasser

Uwe van den Busch, Anja Gauler, Heiko Müller
HA Hessen Agentur GmbH
Mainzer Straße 118
65189 Wiesbaden
www.hessen-agentur.de

Redaktion

Susanne Becker, Lukas Mauer
Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum

Stand

Dezember 2024

Anmerkung zur Verwendung

Dieser Bericht wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hessischen Landesregierung herausgegeben. Er 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 der Bericht 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 dieser Bericht dem Empfänger zugegangen ist. Den Parteien ist es jedoch gestattet, den Bericht zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Bildnachweis

ImaginaryInspiration (Generiert mit KI) – stock.adobe (Titel oben), Christof Mattes Fotodesign (Titel unten), Monet – stock.adobe (S. 7), rupbilder – stock.adobe (S. 12), Wirtschaftsförderung Frankfurt GmbH (S. 27), Christof Mattes Fotodesign (S. 28), Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Jagd und Heimat (S. 38), Hermann – adobe.stock (S. 39), Bauunternehmen Heinrich Geißler GmbH & Co. KG (S. 51), Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen (S. 52 und S. 94), fotografcı – adobe.stock (S. 53), Nordreisender – adobe.stock (S. 76), 24K-Production – adobe.stock (S. 95), Zirocool – adobe.stock (S. 104), F&E Recycling Arcus Greencycling GmbH (S. 111), rh2010 – adobe.stock (S. 112), Sven Rumohr/HLNUG (S. 129), Silke Koch – adobe.stock (S. 147)

Bestellung

Download im Internet unter: www.wirtschaft.hessen.de
erscheint auch als HA-Report Nr. 1124 (www.hessen-agentur.de/publikationen)

HESSEN



Herausgeber:

**Hessisches Ministerium für Wirtschaft,
Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum**

Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden

www.wirtschaft.hessen.de



HessenAgentur

HA Hessen Agentur GmbH