

Hessisches Ministerium für Wirtschaft,
Energie, Verkehr und Wohnen

HESSEN



ENERGIEWENDE IN HESSEN

MONITORINGBERICHT 2023



Energiewende in Hessen – Monitoringbericht 2023

Wiesbaden 2023

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.....	28
4.1 Bedeutung für den Primärenergieverbrauch.....	30
4.2 Bedeutung für den Endenergieverbrauch	31
5 Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch.....	39
5.1 Endenergieverbrauch für Wärme.....	39
5.2 Gebäuderelevanter Energieverbrauch.....	40
5.3 Modernisierungsdynamik bei Gebäuden	43
5.4 Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor	47
6 Anlagen der erneuerbaren und konventionellen Energieerzeugung.....	51
6.1 Erneuerbare Energieanlagen zur Stromerzeugung	52
6.2 Konventionelle Energieanlagen zur Stromerzeugung	67
6.3 Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung.....	69
7 Versorgungssicherheit und Netzausbau	73
7.1 Versorgungssicherheit	73
7.2 Bestand und Ausbau der Stromnetze.....	78
7.3 Digitalisierung der Stromnetze	87
7.4 Investitionen in Stromnetze	87
7.5 Gasnetz	88
7.6 Wärmenetz.....	88
8 Verkehr und Elektromobilität.....	91
8.1 Endenergieverbrauch im Verkehrssektor	91
8.2 Elektromobilität	96
9 Entwicklung der Treibhausgasemissionen.....	102
9.1 Treibhausgasemissionen nach Gasen	102
9.2 Treibhausgasemissionen nach Quellgruppen	103
9.3 Entwicklung der Treibhausgasintensität.....	104
9.4 Energiebedingte CO ₂ -Emissionen nach Sektoren	105
9.5 Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch erneuerbare Energien	107

	Seite
10 Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende	110
10.1 Energiekosten und Energiepreise	110
10.2 Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz.....	118
10.3 Beschäftigung im Energiebereich.....	121
10.4 Forschung und Entwicklung	123
11 Maßnahmen der Hessischen Landesregierung.....	128
12 Ausblick.....	144
Abbildungs- / Tabellenverzeichnis.....	147
Abkürzungsverzeichnis.....	151
Übersicht über Energieeinheiten und Umrechnungsfaktoren	154
Glossar.....	155
Literatur- und Quellenverzeichnis.....	163
Impressum.....	172



„Der Ausbau der Erneuerbaren Energien in Hessen hat weiter Fahrt aufgenommen. Die Hälfte des in Hessen erzeugten Stroms ist erneuerbar. Daran müssen wir konsequent weiterarbeiten: für eine sichere Energieversorgung, für bezahlbaren Strom und für den Schutz des Klimas. Darüber hinaus müssen wir noch energieeffizienter werden. Denn die beste Energie ist die, die nicht gebraucht wird.“

A handwritten signature in black ink that reads "Tarek Al-Wazir". The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the beginning.

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

Zusammenfassung

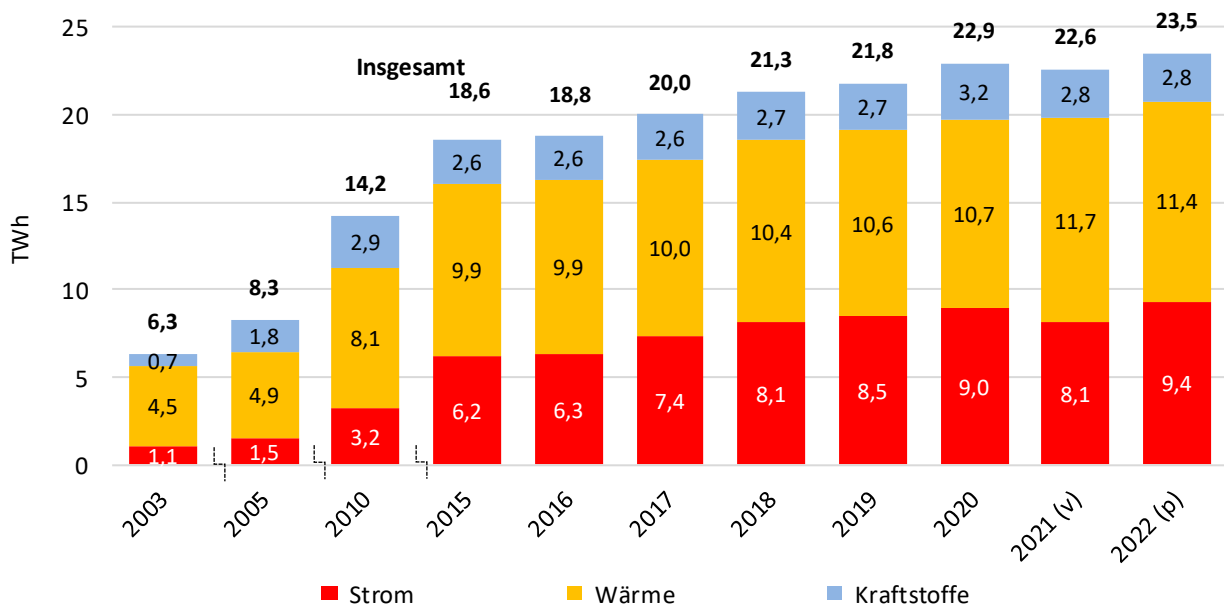
Im Jahr 2022 wurden die Entwicklungen von Energieerzeugung und -verbrauch in Hessen vor allem durch den Russland-Ukraine-Krieg, die Normalisierung des gesellschaftlichen Lebens mit dem sukzessiven Auslaufen der Corona-Schutzmaßnahmen sowie deutlich mildere Witterungsverhältnisse als im Jahr zuvor bestimmt. Dies zeigt der vorliegende neunte Monitoringbericht zur Energiewende in Hessen anhand einer Vielzahl von Indikatoren zu den Themenbereichen Energieverbrauch und Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch, Versorgungssicherheit und Netzausbau, Verkehr und Elektromobilität, Treibhausgasemissionen sowie gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende. Der Berichtszeitraum umfasst bei Verfügbarkeit der entsprechenden Daten den Zeitraum von 2000 bis 2022 und zum Teil bis zum ersten Halbjahr 2023.

Für das Jahr 2022 schätzt das Leipziger Institut für Energie (IE-Leipzig) für Hessen einen **Primärenergieverbrauch** (PEV) von 798,4 Petajoule (PJ). Das sind 28,9 PJ bzw. 3,8 Prozent mehr als im Vorjahr, aber immer noch deutlich weniger als im Vor-Corona-Jahr 2019 mit einem PEV von 873,0 PJ. Ähnlich sieht es beim **Endenergieverbrauch** (EEV) aus, der für 2022 auf 732,7 PJ geschätzt wird, 22,1 PJ bzw. 3,1 Prozent mehr als im Vorjahr, aber ebenfalls noch deutlich unter dem Niveau von

2019 mit 812,9 PJ. Damit verlief die Entwicklung des Energieverbrauchs in Hessen anders als im Bundesdurchschnitt, für den die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen eine Abnahme des PEV um 5,4 Prozent auf den niedrigsten Wert seit der Wiedervereinigung berechnet hat. In Hessen konzentrieren sich die Zunahmen des PEV auf Mineralöl und des EEV auf den Verkehrssektor, dieser weist einen Anstieg um +51,2 PJ (+17,7 %) aus. Die Endenergieverbräuche aller anderen **Verbrauchssektoren** waren rückläufig: private Haushalte (-10,9 PJ bzw. -5,6 %); Industrie (-9,2 PJ bzw. -8,4 %); Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (-9,0 PJ bzw. -7,7 %). Da sich der Energieverbrauch in Hessen insgesamt stärker erhöhte als das Wachstum des realen Bruttoinlandsprodukts (+1,6 %), sanken sowohl die **Primär-** als auch die **Endenergieproduktivität** um 5,0 Prozent bzw. 5,1 Prozent gegenüber dem Vorjahr.

Der **Beitrag der erneuerbaren Energien zum Endenergieverbrauch** lag in Hessen im Jahr 2022 bei 23,5 Terawattstunden (TWh) (siehe Abbildung 1). Dies sind 0,9 TWh bzw. 4,1 Prozent mehr als im Vorjahr. Ursächlich dafür war der starke Anstieg der erneuerbaren Stromerzeugung (+1,2 TWh bzw. +14,9 %), wodurch die Abnahmen bei der Wärmeerzeugung (-0,3 TWh bzw. -2,2 %) und bei erneuerbaren Kraftstoffen (-0,03 TWh bzw. -1,0 %) mehr als ausgeglichen werden konnten.

Abbildung 1: Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe 2003*-2022 (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 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Die **Bruttostromerzeugung** in Hessen bezifferte sich im Jahr 2022 auf 18,9 TWh, ein deutlicher Anstieg (+2,6 TWh bzw. 15,7 %) gegenüber dem Vorjahr. Mit 9,35 TWh entfällt knapp die Hälfte (49 %) auf erneuerbare Energien. Im ersten Halbjahr 2023 betrug die Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien 5,0 TWh. Dies waren 2,5 Prozent mehr als im ersten Halbjahr 2022 und entsprach einem Anteil erneuerbarer Energien von 57 Prozent an der Bruttostromerzeugung in Hessen. Der **Bruttostromverbrauch** fiel im Jahr 2022 mit 36,7 TWh etwas niedriger (-0,7 TWh bzw. -1,7 %) aus als im Jahr zuvor. Die Differenz beider Größen wurde durch Stromimporte in Höhe von 17,8 TWh ausgeglichen, die sich im Vorjahresvergleich um 3,2 TWh bzw. 15,3 Prozent verringert haben.

Im Jahr 2022 ist die von **erneuerbaren Energieanlagen vorgehaltene elektrische Leistung** deutlich angestiegen und liegt nun bei knapp 5,8 GW. Gegenüber dem Vorjahr konnte ein Netto-Zubau von 427 MW bzw. 8,0 Prozent realisiert werden. Getragen wird die positive Dynamik vom Energieträger Photovoltaik. Allein in diesem Bereich wurde im Jahr 2022 ein Netto-Zubau von 381 MW erzielt. Der Vorjahreszubau wurde um 56 Prozent übertroffen. Der Blick auf das erste Halbjahr 2023 zeigt, dass sich der positive Trend fortsetzt. Es kamen netto bereits 283 MW hinzu. Bei der Windenergie lag der Netto-Zubau im Jahr 2022 mit 56 MW knapp unter dem Vorjahreswert. Es wurden 15 neue Windenergieanlagen errichtet, jedoch auch 7 Anlagen stillgelegt. Für das Jahr 2023 ist ein deutlich höherer Zubau zu erwarten, da im ersten Halbjahr bereits 21 Anlagen mit insgesamt 89 MW neu in Betrieb genommen wurden. Beim Energieträger Biomasse ist im Jahr 2022 die installierte elektrische Leistung gegenüber dem Vorjahr um 10 MW zurückgegangen. Damit zeigt sich bereits das zweite Jahr in Folge ein Rückgang im Anlagenbestand. Im ersten Halbjahr 2023 kamen netto 0,6 MW hinzu. Beim Bestand von Wasserkraftanlagen ist bereits seit Jahren kaum Veränderung feststellbar. Im Jahr 2022 kam es zu einer geringen Leistungserhöhung um 0,7 MW. Im ersten Halbjahr 2023 gab es keine Veränderung.

Mit einem **Endenergieverbrauch für Wärme** in Höhe von 274 PJ ist gegenüber dem Vorjahr eine deutliche Abnahme in Höhe von 25,2 PJ (-8,4 %) feststellbar, was zum einen auf die deutlich mildere Witterung, zum anderen aber auch auf Einsparbemühungen als Reaktion auf die gestiegenen Energiepreise zurückzuführen sein dürfte. Speziell auf den **gebäuderelevanten Endenergieverbrauch** entfielen im Jahr 2022 insgesamt 237,5 PJ, was einem Anteil von 32,4 Prozent am gesamten EEV entspricht und einen Rückgang gegenüber dem Vorjahr in Höhe von 6,4 Prozent darstellt. Der größte Teil des gebäuderelevanten EEV entfiel wiederum mit 181 PJ auf die Bereitstellung von Raumwärme.

Für den **Verkehrssektor** wird für das Jahr 2022 ein EEV in Höhe von 340,1 PJ geschätzt, ein deutliches Plus gegenüber dem Vorjahr (+51,2 PJ bzw. +17,7 %), das vor allem auf den gestiegenen Verbrauch des Luftverkehrs (49,3 PJ bzw. +44,3 %) zurückzuführen ist. Hier fanden die Lockerungen der Corona-Restriktionen in einer spürbaren Belebung des Reiseverkehrs ihren Niederschlag.

In Hessen waren zu Beginn des Jahres 2023 insgesamt gut 3,85 Mio. Pkw zugelassen. Dies sind 40.063 Pkw bzw. 1,1 Prozent mehr als ein Jahr zuvor. Dabei nahmen die Bestände an Diesel-Pkw bereits das fünfte und die Bestände an Benzinern das zweite Jahr in Folge ab. Dem steht eine deutliche Zunahme der Pkw mit **Elektroantrieben** in Höhe von fast 96.000 Fahrzeugen gegenüber. Der Bestand rein strombetriebener Pkw stieg dabei um 40.615 (+73,2 %) auf 96.112 zum Jahresbeginn 2023 und die Zahl der Hybridantriebe mit Strom erhöhte sich um 68.857 (+44,7 %) auf 222.931 Pkw.

Energiebedingt wurden im Jahr 2021 insgesamt 32,4 Mio. Tonnen CO₂ emittiert, 0,5 Mio. Tonnen bzw. 1,6 Prozent mehr als im ersten Corona-Jahr 2020. Gegenüber dem Referenzjahr 1990 errechnet sich trotz deutlich gesteigener Wirtschaftsleistung und gestiegenen Einwohnerzahlen aufgrund von Energieeinsparungen und effizienteren Produktionsverfahren ein Rückgang der **energiebedingten CO₂-Emissionen** um 10,0 Mio. Tonnen bzw. 23,6 Prozent. Durch den Einsatz erneuerbarer Energien zur Strom-, Wärme- sowie Kraftstoffherzeugung konnte der Ausstoß an Treibhausgasemissionen in Hessen nach ersten Schätzungen im Jahr 2022 um 9,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente reduziert werden. Dies sind 0,8 Mio. Tonnen (+9,9 %) **vermiedene THG-Emissionen** mehr als im Vorjahr und der bisher höchste Wert überhaupt.

Der Angriffskrieg von Russland gegen die Ukraine hat die starke Abhängigkeit Deutschlands von russischem Erdgas und die hohen Risiken für die **Versorgungssicherheit** offenbart. Der sukzessive Wegfall der russischen Importe im Jahr 2022 konnte jedoch durch die Ausweitung der Gasimporte aus anderen Ländern, die Errichtung von Flüssiggasterminals zur Anlandung von Erdgas, die Substituierung der Gasimporte durch andere Energieträger und die Reduzierung des Gasverbrauchs kompensiert werden. Die Vorgaben zu den Füllständen der Erdgasspeicher wurden erfüllt. Auch die Anforderungen an die Stromnetze sind durch den Umbau der Energiesysteme stark gestiegen. Der Indikator SAIDI – System Average Interruption Duration Index –, der die durchschnittliche Dauer der Versorgungsunterbrechung für Nieder- und Mittelspannung je angeschlossenem Letztverbraucher misst, lag in Hessen im Jahr 2021 wie in den Vorjahren mit 10,52 Minuten unter dem Bundesdurchschnitt (12,70 Minuten).

Der Ausbau der erneuerbaren Energien macht einen umfangreichen **Ausbau der Stromnetze** erforderlich. Von den deutschlandweit insgesamt 119 Ausbauprojekten mit einer Gesamtlänge von 14.019 Kilometern waren (Stand: 31.03.2023) 25 Vorhaben mit einer Gesamtlänge von 2.506 Kilometern fertiggestellt. Weitere 14 Vorhaben mit einer Gesamtlänge von 1.085 Kilometern waren genehmigt oder im Bau. Insgesamt 16 Vorhaben verlaufen innerhalb bzw. möglicherweise durch Hessen, von denen sich vier Vorhaben im Bau befinden. Bei den durch Hessen führenden großen Nord-Süd-Leitungen Ultranet und SuedLink sind erste Teilstrecken genehmigt oder befinden sich im Bau. Neu in den Bundesbedarfsplan aufgenommen wurden die Vorhaben 82 (Rhein-Main-Link) zwischen Ovelgönne in Niedersachsen und Bürstadt (ca. 528 km), Nummer 88 zwischen Landesbergen in Niedersachsen und Borken (ca. 271 km) sowie Nummer 96 zwischen Aschaffenburg und Urberach (ca. 30 km).

Die **Investitionen der Netzbetreiber in die deutschen Stromnetze** lagen im Jahr 2021 mit 9,5 Mrd. Euro um 9,2 Prozent über dem Vorjahr. Der Zuwachs ging ausschließlich auf die Investitionstätigkeit der Übertragungsnetzbetreiber zurück, die einen neuen Rekordwert darstellt. Für das Jahr 2022 liegt der Planwert der Netzbetreiber bei nahezu 11,6 Mrd. Euro, was eine Zunahme um 21 Prozent bedeuten würde.

Mit Blick auf die **Preisentwicklung** haben sich infolge der Sanktionen auf russische Energieimporte zunächst die Energiepreise massiv erhöht, was sich anschließend in einem allgemeinen Preisanstieg fortsetzte. So erhöhten sich die allgemeinen Lebenshaltungskosten der privaten Haushalte im Jahr 2022 gegenüber dem Vorjahr in Deutschland deutlich um 7,9 Prozent, was der höchste Anstieg im gesamten Betrachtungszeitraum seit dem Jahr 2000 ist. Besonders hoch waren die Preisanstiege bei leichtem Heizöl (+73 %) und Erdgas (+48 %). Strom verteuerte sich um 19 Prozent.

Nach der aktuellen BDEW-Strompreisanalyse (Stand: Juli 2023) ist für **private Haushalte** im Jahr 2023 mit einem weiteren Anstieg des **Strompreises** auf voraussichtlich 46,3 Cent je kWh zu rechnen, im Vergleich zum zweiten Halbjahr 2022 ein Plus von 6,2 Cent je kWh (+15,5 %).

Für **Industriekunden** ist eine deutliche Reduktion des Strompreises zu erwarten. So zahlen z. B. Industrieunternehmen mit einem Jahresstromverbrauch von bis zu 20 GWh bei Neuabschlüssen im Jahr 2023 voraussichtlich 26,5 Cent je kWh, und damit nur noch etwa die Hälfte des Preises wie im zweiten Halbjahr 2022 (-26,9 Cent je kWh bzw. -50,4 %).

Besonders **stromintensiv produzierende Unternehmen** haben in Hessen im Jahr 2022 für insgesamt 146 Abnahmestellen eine Begrenzung der EEG-Umlage mit einer **privilegierten Strommenge** von insgesamt 9,0 TWh beantragt.

Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien wurden im Jahr 2022 in Hessen in Höhe von mehr als einer Milliarde Euro (1.025,6 Mio. Euro) getätigt. Das waren 329,7 Mio. Euro bzw. 47,4 Prozent mehr als im Jahr 2021. Investitionen in Anlagen zur Stromerzeugung lagen um 190,6 Mio. Euro (+53,7 %) und zur Wärmeerzeugung um 139,2 Mio. Euro (+40,8 %) über dem Vorjahresniveau.

Im Jahr 2022 waren in Hessen 13.826 Beschäftigte in Energieversorgungsunternehmen tätig. Dies waren 268 Personen bzw. 2,0 Prozent mehr als im Jahr zuvor und stellte einen neuen Höchststand im betrachteten Zeitraum von 2000 bis 2022 dar. Insgesamt verläuft die **Beschäftigungsentwicklung** seit dem Jahr 2018 kontinuierlich steigend.

Im Jahr 2021 hat das Land Hessen im Bereich der nicht-nuklearen **Energieforschung** Mittel in Höhe von insgesamt 11,1 Mio. Euro aufgebracht, was einen Rückgang um 5,1 Mio. Euro bzw. 31 Prozent gegenüber dem Vorjahr bedeutet. Schwerpunkt der Forschungsförderung in Hessen war mit 7,8 Mio. Euro die Elektromobilität. Auch im Bundesländervergleich setzte Hessen hier einen deutlichen Akzent.

1 Einleitung

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

Im Jahr 2022 wurde eine umfangreiche Revision der Länderenergiebilanzen für das Jahr 1990 und den Zeitraum 2003 bis 2018 durchgeführt. Gründe dafür waren neue Erkenntnisse zur Methodik und eine geänderte Datenlage durch Erschließung neuer Datenquellen. Revidiert wurden folgende Bereiche: Brennholzverbrauch in den Sektoren Haushalte sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, Netzverluste bei der Stromübertragung, Eigenverbrauch der Windkraft, Stromverbrauch im Straßenverkehr, Heizwert von Ottokraftstoff, Generalfaktor für Strom zur Berechnung der CO₂-Emissionen und weitere Emissionsfaktoren, Gradtagzahlen sowie prozessbedingte CO₂-Emissionen (LAK 2023). Durch die Revisionen ergeben sich weit zurückwirkende Änderungen der Primär- und Endenergieverbräuche. Dadurch kann es zu Abweichungen bei der Darstellung von Zeitreihen im Vergleich zu früheren Monitoringberichten kommen.

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 2021 und für Hessen und die anderen Bundesländer für das Jahr 2020. Um auch über aktuelle Entwicklungen berichten zu können, werden nachfolgend, zusätzlich zu der für das Jahr 2021 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 2022 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 werden die Energieerzeugungsanlagen in Hessen in den Fokus gerückt. 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/>.

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

Im Fokus von Kapitel 7 steht die Sicherheit der Gas- und Stromversorgung in Hessen. Betrachtet werden u. a. der Füllstand der Erdgasspeicher, die Dauer der Versorgungsunterbrechungen im Gas- und Stromnetz sowie die Maßnahmen der Netzbetreiber zur Aufrechterhaltung der Zuverlässigkeit der Stromnetze. Dargestellt werden weiterhin der Ausbaustand der Stromnetze und die Investitionen der Netzbetreiber in die deutschen Stromnetze. Die Entwicklung des Gas- und Fernwärmenetzes rundet das Kapitel ab.

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

Kapitel 9 stellt die bisherige Entwicklung der Treibhausgasemissionen differenziert nach Gasen und Quellgruppen dar. 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 Auswirkungen auf Energiekosten und Energiepreise, die Entlastungen besonders energieintensiver Unternehmen durch Ausgleichsregelungen, die Investitionen in erneuerbare Energien, die Beschäftigung im Energiesektor und die Förderung der Forschung im Energiebereich.

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

Kapitel 12 gibt einen kurzen Ausblick auf 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 und Wohnen (HMWEVW) erstellt. Die Bearbeitung erfolgte wieder in enger Abstimmung mit dem zuständigen Fachreferat Energiepolitik, Erneuerbare Energien, Energietechnologien im HMWEVW und dem Referat Tourismus, Verkehr, Umwelt, Energie im Hessischen Statistischen Landesamt (HSL).

An dieser Stelle sei auch den Mitgliedern der das hessische Energiemonitoring begleitenden Arbeitsgruppe für den fachlichen Input und die jederzeit konstruktiv geführten Diskussionen vielmals gedankt.

Redaktionsschluss für die in diesem Bericht verarbeiteten Daten war der 30. September 2023.

2

Ziele der Energiewende und Indikatoren des Energiemonitorings



2 Ziele der Energiewende und Indikatoren des Energiemonitorings

Am 21. November 2012 trat das Hessische Energiegesetz in Kraft (HEG 2012), worin das Energiemonitoring für die Umsetzung der Energiewende in Hessen verankert wurde.

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

Vor dem Hintergrund des novellierten Bundesklimaschutzgesetzes hat die Hessische Landesregierung eine Anpassung ihrer klimapolitischen Ziele einhergehend mit Erlass des Hessischen Klimagesetzes (HKlimaG in Hessischer Landtag 2023) sowie der Änderung des Hessischen Energiegesetzes (HEG) vorgenommen (Hessischer Landtag 2012 und 2022). 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 bisher geplant. Weitere Zielvorgaben betreffen die Nutzung der Landesfläche für Windenergie und Photovoltaikanlagen.

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 Verbesserung der Energieeinsparungen,
- die Förderung des Ausbaus einer möglichst dezentralen und, soweit sinnvoll, zentralen Energieinfrastruktur aus erneuerbaren Energien,
- die Minimierung des Energieeinsatzes bei Baumaßnahmen und Baustoffen 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 Paragraph 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 speziell für das hessische Energiemonitoring Schätzungen des Primär- und

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

Abbildung 2: Indikatorensystem des hessischen Energiemonitorings

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
Wärme / Gebäude	<ul style="list-style-type: none"> - Endenergieverbrauch für Wärme - Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch - Altersstruktur der Gas- und Ölfeuerungsanlagen - Beheizung neu errichteter Wohngebäude und Wohnungen - Zubau von Erdwärmesonden - Brennholzverbrauch der privaten Haushalte - Förderung von Gebäudemodernisierung - MAP- und BEG-geförderte erneuerbare Energieanlagen
Anlagen der erneuerbaren und konventionellen Energieerzeugung	<ul style="list-style-type: none"> - Anlagen und installierte elektrische Leistung - Bau, Planung und Stilllegungen von Anlagen - Bestand, installierte Leistung und erzeugte Strommengen von EEG-Anlagen nach Energieträgern in Hessen, den Landkreisen, kreisfreien Städten und Gemeinden - Gebote und Zuschläge von Windenergie- und Photovoltaik-Freiflächenanlagen - Windvorranggebiete in Hessen - Anzahl der Solarstromspeicher - Nettostrom- und Nettowärmeerzeugung durch KWK-Anlagen - Anzahl und elektrische Leistung der KWK-Anlagen, Hessen und Landkreise
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 und Zahl der Entnahmestellen, Netzengpässe - Digitalisierung der Stromnetze: Ausstattung von Messlokationen mit smart meter - Investitionen der Netzbetreiber in die Stromnetze - Versorgungssicherheit im Stromnetz: SAIDI, Redispatchmaßnahmen, Netzreservekraftwerke, Einspeisemanagement, Anpassungsmaßnahmen - Gasnetz und Versorgungssicherheit: Netzlänge, SAIDI, Untertage-Gasspeicher, Füllstand - Fernwärmenetz: Netzlänge, mittlere Wärmelinendichte

Fortsetzung Abbildung 2: Indikatorensystem des hessischen Energiemonitorings

Verkehr und Elektromobilität	<ul style="list-style-type: none"> - Endenergieverbrauch im Verkehrssektor nach Verkehrsträgern und Energieträgern - 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 - Bestand an Elektrofahrzeugen, privaten und öffentlichen Ladepunkten in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten
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 - Von der EEG-Umlage befreite Abnahmestellen - 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 Energiewirtschaft
Forschung und Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> - Förderung der Energieforschung - Patente im Bereich erneuerbarer Energien

Quelle: Hessen Agentur.

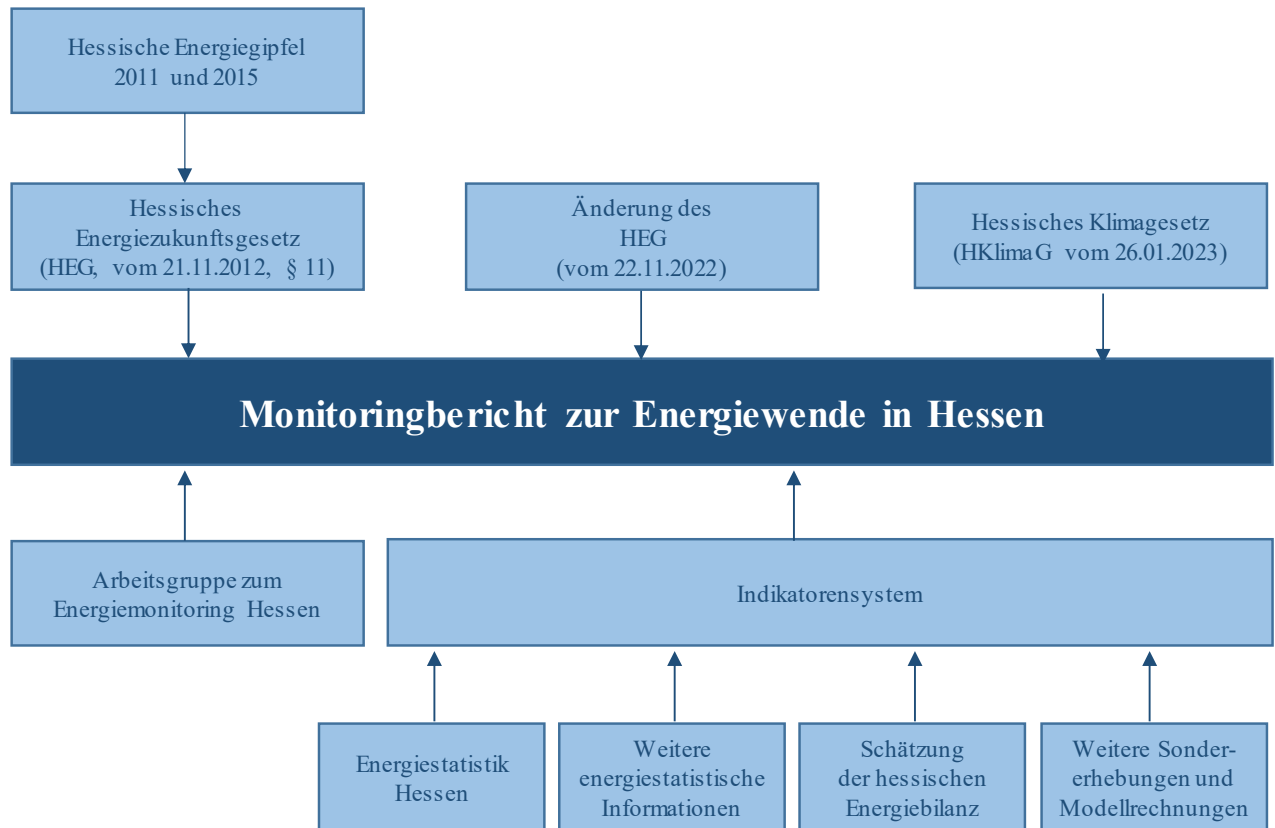
Im vorliegenden Monitoringbericht 2023 werden die Indikatoren – wenn entsprechend verfügbar – für den Zeitraum von 2000 bis 2022 grafisch oder tabellarisch aufbereitet. Bei den Treibhausgasemissionen wird auch das für die Treibhausgasziele relevante Bezugsjahr 1990 dargestellt. Zum Teil können bereits Daten für das Jahr 2023 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

Von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) und den statistischen Landesämtern werden jährlich Energiebilanzen für Deutschland und die Bundesländer erstellt. Energiebilanzen lassen sich grob in die drei Bereiche Primärenergiebilanz, Umwandlungsbilanz und Endenergieverbrauch untergliedern. Die Primärenergiebilanz zeigt detailliert den gesamten Energieeinsatz einer Volkswirtschaft differenziert nach Energieträgern und die Umwandlungsbilanz die Energieerzeugung und -verteilung in den Kraftwerken auf. 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 2021 und für Hessen und die anderen Bundesländer für das Jahr 2020. Um auch über aktuelle Entwicklungen berichten zu können, werden nachfolgend, zusätzlich zu der für das Jahr 2021 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 2022 präsentiert.

Im April 2023 hat die AGEB eine Berechnung speziell zum Primärenergieverbrauch für Deutschland im Jahr 2022 veröffentlicht (AGEB 2023). Demnach beziffert sich der Primärenergieverbrauch auf 11.769 Petajoule (PJ). Das sind 5,4 Prozent weniger als im Vorjahr und insgesamt der niedrigste Wert seit der Wiedervereinigung. Sogar im Corona-Jahr 2020 lag der Primärenergieverbrauch Deutschlands um etwa 100 PJ höher. Hauptursache für diesen Tiefststand waren die Auswirkungen des Angriffskrieges von Russland gegen die Ukraine mit dem Ausfall russischer Gas-, Kohle- und Ölimporte, dem dadurch induzierten Anstieg der Energiepreise und der Gasmangellage. Hinzu kam eine im Vergleich zum Vorjahr 2021 deutlich mildere Witterung.

Verbrauchssteigernd wirkten sich für Deutschland im Jahr 2022 hingegen die wirtschaftliche Entwicklung mit einem Anstieg des realen Bruttoinlandsprodukts von

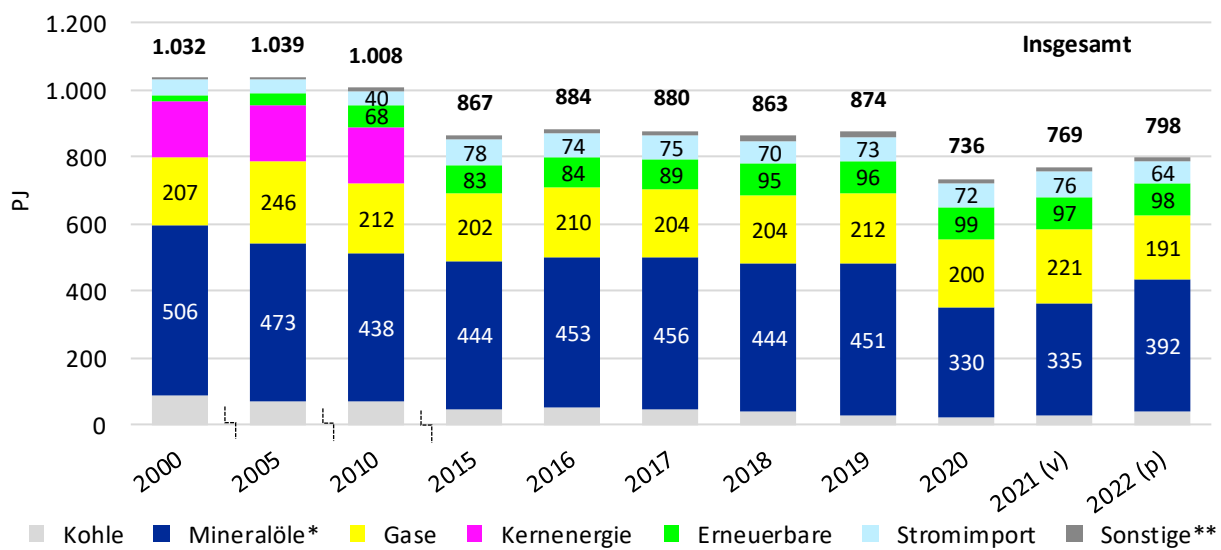
1,9 Prozent sowie das Bevölkerungswachstum um rund eine Million Menschen aus. In Hessen fielen die wirtschaftlichen Impulse mit einem Anstieg des realen Bruttoinlandsprodukts mit 1,6 Prozent etwas schwächer aus. Dabei kam es insbesondere im Verarbeitenden Gewerbe zu einem spürbaren Konjunkturerinbruch mit einem entsprechenden Rückgang der Bruttowertschöpfung (-5,3 %), bundesweit stagnierte dieser Wert in etwa (+0,2 %). Von der Bevölkerungsentwicklung gingen mit einem Zuwanderungsgewinn in Höhe von etwa 100.000 Personen für Hessen ebenfalls stimulierende Effekte für den Energieverbrauch aus.

3.1 Primärenergieverbrauch

Für Hessen schätzt das IE-Leipzig für das Jahr 2022 einen Primärenergieverbrauch (PEV) in Höhe von 798,4 Petajoule (PJ), was im Gegensatz zur Bundesentwicklung sogar einem Anstieg in Höhe von 28,9 PJ (+3,8 %) entspricht (siehe Abbildung 4).¹ Ursächlich hierfür ist vor allem die Entwicklung im Verkehrssektor mit der im Vorjahresvergleich deutlichen Zunahme des Flugverkehrs. Trotz der Zunahme blieb der PEV aber weiterhin deutlich unter dem Vor-Corona-Niveau. So bewegte sich der PEV vor der Corona-Pandemie in den Jahren 2015 bis 2019 mit geringen, überwiegend witterungsbedingten Schwankungen um Werte von 870 PJ.

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

- 1 Alle Angaben für das Jahr 2022 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 2000-2022 (in PJ)

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

Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

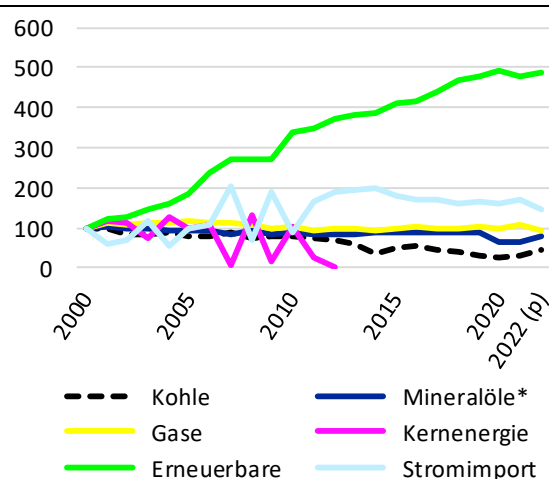
Primärenergieverbrauch nach Energieträgern

Die maßgebliche Zunahme des PEV im Jahr 2022 durch die Veränderungen im Verkehrssektor zeigt sich signifikant in der Zusammensetzung der Energieträger insgesamt (siehe Abbildung 5). So hat der Verbrauch von Mineralöl um 57,4 PJ (+17,1 %) zugelegt. Dem standen starke Rückgänge von Erdgas (-29,8 PJ bzw. -13,5 %) und Stromimporten (-11,6 PJ bzw. -15,3 %) gegenüber, die überwiegend auf Einsparungen aufgrund von erheblichen Preisanstiegen infolge des Russland-Ukraine-Krieges zurückzuführen sein dürften. Dies ging einher mit dem Ersatz von Erdgas durch Kohle und erneuerbare Energieträger bei der Stromerzeugung. Dabei erhöhte sich der Kohleverbrauch um 12,3 PJ (+44,3 %) und der Einsatz von erneuerbaren Energien um 1,3 PJ (+1,3 %), Letzteres begünstigt durch höhere Wind- und Photovoltaikerträge als im Jahr zuvor. Demgegenüber war in der Gruppe sonstige Energieträger, in der z. B. hergestellte Gase und fossile Abfälle zusammengefasst werden, ein leichter Rückgang in Höhe von 0,7 PJ (-5,3 %) festzustellen.

Durch den starken Zuwachs von Mineralölen dominieren diese zu fast der Hälfte (49 %) die Zusammensetzung des PEV nach Energieträgern im Jahr 2022. Auf Gase entfallen noch 24 Prozent (2021: 29 %), auf erneuerbare Energien wie im Vorjahr etwa 12,5 Prozent, auf Stromimporte 8 Prozent (Vorjahr: 10 %), auf Kohle 5 Prozent (Vorjahr: 4 %) und auf Sonstige wie im Vorjahr etwa 2 Prozent des PEV.

Wie aus Abbildung 5 ersichtlich wird, wächst der PEV erneuerbarer Energien langfristig sehr dynamisch und hat sich seit dem Jahr 2000 fast verfünffacht.

Abbildung 5: Indexentwicklung der Zusammensetzung des PEV nach Energieträgern 2000-2022 (Index 2000 = 100)



* einschl. Flüssiggas

Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

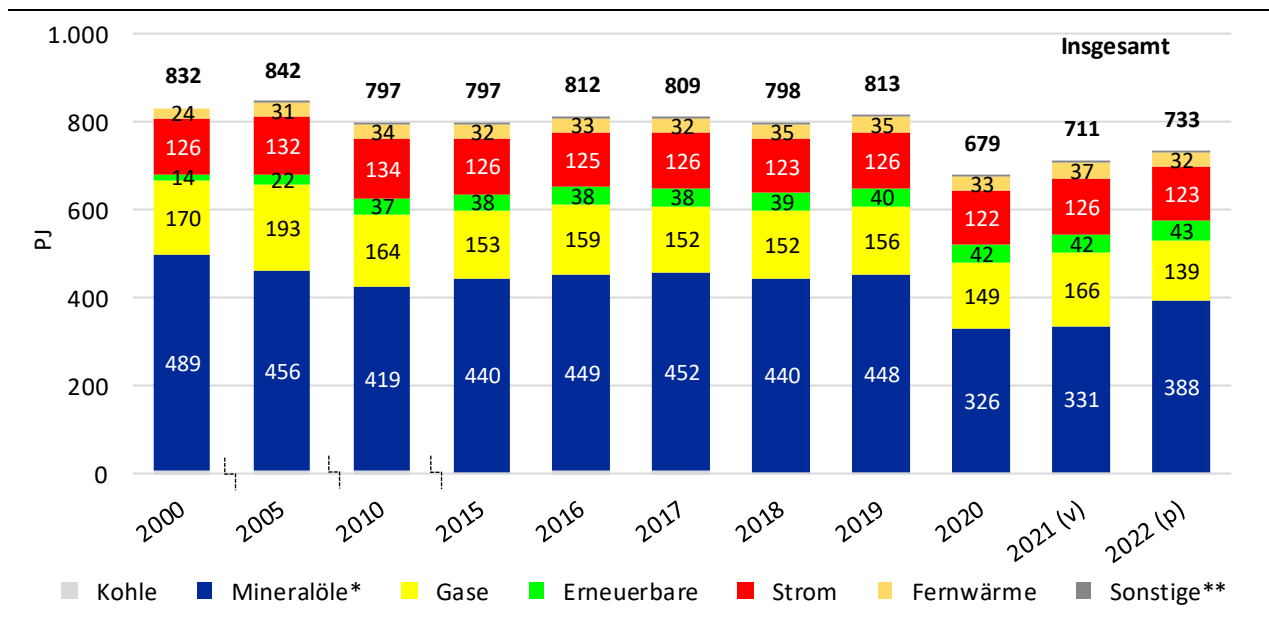
Die Stromimporte sind bei Produktionsunterbrechungen und insbesondere nach endgültiger Stilllegung des Kernkraftwerks Biblis kurzfristig deutlich angestiegen, dann aber wieder bis zum Jahr 2016 gesunken. Seither blieb das Niveau mit leichten Schwankungen – mit Ausnahme des Jahres 2022 – nahezu konstant. Der Einsatz von Kohle ist von 88,5 PJ im Jahr 2000 auf 28 PJ im Jahr 2021 zurückgegangen, was einem Rückgang um mehr als zwei Drittel entspricht, und hat sich infolge der Rückkehr von Kohlekraftwerken aus der Netzreserve in den Strommarkt im Jahr 2022 wieder auf 40 PJ erhöht. 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 2022 aber wieder ein Anstieg auf 78 Indexpunkte einher. Der Indexwert von Erdgas lag im Jahr 2022 mit 92 jedoch sowohl unter dem Niveau des Ausgangsjahres 2000 (100) als auch des Vorjahres (106,5).

3.2 Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch (EEV) einer Volkswirtschaft ist die Energie, die von Endverbrauchern in den Sektoren Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, private Haushalte und im Verkehr verbraucht wird. Der Unterschied zwischen PEV und EEV besteht in den Bilanzpositionen Umwandlungs- und Übertragungsverluste, die nicht zum EEV gerechnet werden. Nach erster Schätzung bezifferte sich der EEV im Jahr 2022 in Hessen auf insgesamt 732,7 PJ und liegt damit um 22,1 PJ bzw. 3,1 Prozent über dem Vorjahresniveau (siehe Abbildung 6). Ähnlich wie bereits für den PEV spielen die Veränderungen beim Mineralölverbrauch die ausschlaggebende Rolle.

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.

Abbildung 6: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000-2022 (in PJ)



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

Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Endenergieverbrauch nach Energieträgern

Ähnlich wie beim PEV erweist sich die Wiederbelebung des Flugverkehrs auch für den EEV als Treiber für die Zunahme im Jahr 2022, wozu insbesondere der stark gestiegene Mineralölverbrauch am Frankfurter Flughafen

beigetragen hat. Zudem waren steigende Mineralölabsätze im Bereich private Haushalte zu verzeichnen. Dabei ist anzumerken, dass bei Mineralölen der Absatz und nicht der tatsächliche Verbrauch statistisch erfasst wird. Viele private Haushalte dürften ihre Öltanks bei den niedrigen Mineralölpreisen im ersten Corona-Jahr 2020

gefüllt und der Ölverbrauch dann auch im Jahr 2021 stattgefunden haben. Angesichts niedriger Tankstände mussten dann im Jahr 2022 trotz mittlerweile stark gestiegener Mineralölpreise Einkäufe getätigt werden. Insgesamt hat sich der Mineralölabsatz im Jahr 2022 um 56,3 PJ (+17,0 %) gegenüber dem Vorjahr erhöht.

Gänzlich anders gestaltet sich die Situation für die leistungsgebundenen Energieträger Gas, Fernwärme und Strom, bei denen sich die Einsparbemühungen – u. a. aufgrund stark gestiegener Preise, aber auch begünstigt durch die mildere Witterung – unmittelbar in gesunkenen Verbräuchen niederschlugen. Am stärksten reduzierte sich die Nachfrage nach Gasen um 27,2 PJ (-16,4 %), gefolgt von Fernwärme (-4,4 PJ bzw. -11,8 %) und Strom (-3,1 PJ bzw. -2,4 %). Demgegenüber blieben die Verbräuche der übrigen Energieträger nahezu unverändert.

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 22 „Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe 2003-2021“ in Kapitel 4.2 dargestellt.

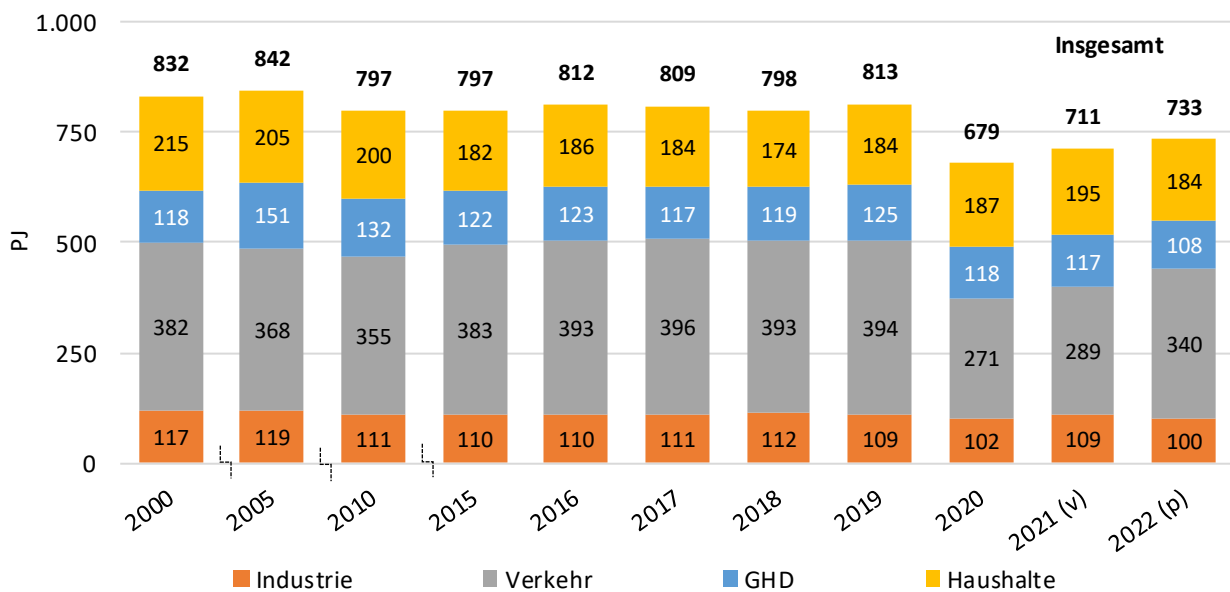
Geprägt wird die Zusammensetzung des EEV durch Mineralöle (53 %), Gase (19 %) und Strom (17 %). Mit Abstand folgen Erneuerbare und Fernwärme mit Anteilswerten von 6 bzw. 4 Prozent. Kohle und Sonstige kommen zusammen auf rund 1 Prozent des gesamten EEV.

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 43 PJ im Jahr 2022 in etwa verdreifacht.

Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren

Mit Ausnahme des Verkehrssektors ist der EEV im Jahr 2022 in allen Sektoren deutlich zurückgegangen (siehe Abbildung 7). Absolut am stärksten fiel die Abnahme im Sektor private Haushalte (-10,9 PJ bzw. -5,6 %) aus, dicht gefolgt von der Industrie³ (-9,2 PJ bzw. -8,4 %) und dem Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) (-9,0 PJ bzw. -7,7 %). Der Anstieg des EEV im Verkehrssektor von 51,2 PJ (+17,7 %) überstieg jedoch die erreichten Minderungen in den anderen Sektoren, sodass der EEV insgesamt gegenüber dem Vorjahr um 22,1 PJ (+3,1 %) zunahm.

Abbildung 7: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren 2000-2022 (in PJ)



Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (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.

Trotz des hohen Zuwachses des EEV im Verkehrssektor im Jahr 2022 lag bei langfristiger Betrachtung der EEV um 41,9 PJ und damit 11,0 Prozent unter dem Niveau des Jahres 2000. Dies ist aktuell der absolut stärkste Rückgang aller Bereiche. Es folgen private Haushalte (-30,2 % bzw. -14,1 %), Industrie (-17,6 PJ bzw. -15,0 %) und GHD (-9,7 PJ bzw. -8,3 %). 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 seitdem mit leichten Schwankungen um das damals erreichte Niveau. Auch im Sektor GHD verläuft 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 155 PJ im Jahr 2006 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“.

Gemessen an der Bruttowertschöpfung bezifferte sich der Produktionsrückgang der hessischen Industrie im Jahr 2022 auf real 5,3 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Demgegenüber konnte die Industrie im Bundesdurchschnitt sogar einen leichten Zuwachs (+0,2 %) erzielen. Dieser negative Konjunkturverlauf spiegelt sich im Energieverbrauch der hessischen Industrie wider, der sich um 9,2 PJ (-8,4 %) gegenüber dem Vorjahr verringerte (siehe Abbildung 8).

Am stärksten hat sich dabei der Gasverbrauch in Höhe von 6,2 PJ (-16,1 %) verringert. Es folgen mit deutlichem Anstand Fernwärme (-1,9 PJ bzw. -9,2 %) und Strom (-1,3 PJ bzw. -3,6 %). Leicht verringert hat sich der Verbrauch von erneuerbaren (-0,1 PJ bzw. -3,7 %) und sonstigen Energien (-0,01 PJ bzw. -0,4 %). Dem stehen geringfügige absolute Zunahmen von Mineralölen (+0,3 PJ bzw. +10,8 %) und Kohle (+0,02 PJ bzw. +0,3 %) gegenüber.

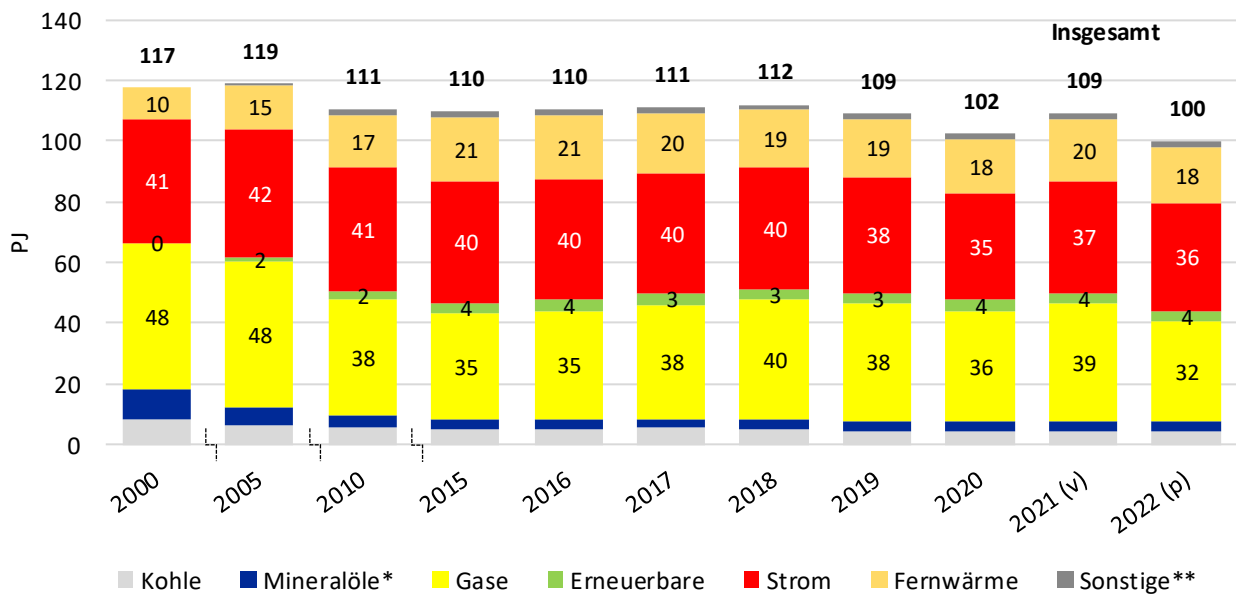
Der EEV in der Industrie wird von Strom und Gasen geprägt, auf die im Jahr 2022 jeweils rund ein Drittel

(Strom: 35,5 % und Gase: 32,5 %) entfielen. Aufgrund der hohen Gaseinsparungen war damit zum ersten Mal Strom der wichtigste Energieträger in der hessischen Industrie. Es folgen Fernwärme und erneuerbare Energieträger mit 18,3 Prozent bzw. 3,6 Prozent. Beide Energieträger haben in längerfristiger Betrachtung erheblich an Bedeutung für den EEV der Industrie gewonnen. Demgegenüber ist die Bedeutung der Energieträger Mineralöle von 10,1 Prozent im Jahr 2000 auf 3,4 Prozent im Jahr 2022 und Kohle von 8,0 Prozent im Jahr 2000 auf 4,6 Prozent im Jahr 2022 jeweils deutlich gesunken.

Auch im Sektor GHD war der Rückgang des EEV im Jahr 2022 in Höhe von 9,0 PJ (-7,7 %) durch den stark rückläufigen Gasverbrauch (-6,8 PJ bzw. -15,9 %) geprägt. Mit deutlichem Abstand folgen Strom (-1,6 PJ bzw. -3,3 %) und Fernwärme (-1,1 PJ bzw. -14,0 %) (siehe Abbildung 9). Nahezu unverändert blieben Erneuerbare, Kohle und Sonstige. Der Einsatz von Mineralölen hat sich leicht erhöht (+0,5 PJ bzw. +4,2 %).

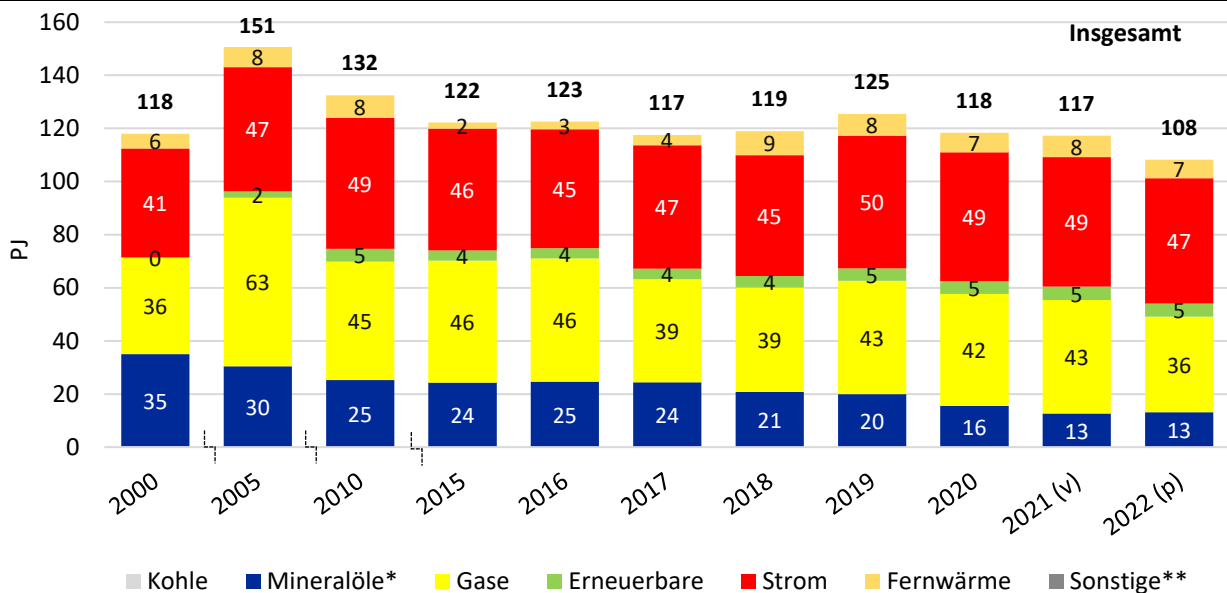
Strom (43,6 %) und Gase (33,2 %) prägen zusammen zu über drei Viertel (77 %) die Zusammensetzung des EEV nach Energieträgern im Sektor GHD im Jahr 2022. Auf Mineralöle, Fernwärme und Erneuerbare entfallen Anteilswerte von 12,1 Prozent, 6,5 Prozent und 4,6 Prozent. Kohle und Sonstige tragen kaum zum EEV 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. Mit Ausnahme der rückläufigen Entwicklung von Mineralölen war in längerfristiger Betrachtung die Zusammensetzung der Energieträger relativ stabil.

Der EEV der privaten Haushalte ist im Jahr 2022 ebenfalls deutlich um 10,9 PJ (-5,6 %) im Vergleich zum kühlen Vorjahr 2021 zurückgegangen, liegt mit 184 PJ jedoch in etwa auf dem Durchschnittsniveau der Vorjahre von 2015 bis 2020 (siehe Abbildung 10). Wie bereits bei der Industrie und im Sektor GHD konzentriert sich der Rückgang auf den Energieträger Gas (-14,2 PJ bzw. -16,9 %). Es folgen Fernwärme (-1,4 PJ bzw. -15,9 %) und Strom (-1,0 PJ bzw. -2,6 %). Dem steht ein deutlicher Anstieg des Verbrauchs von Mineralölen in Höhe von 5,1 PJ (+12,2 %) gegenüber, wofür Hauptursache das Auffüllen leerer Heizöltanks gewesen sein dürfte. Ebenfalls zugenommen hat der Verbrauch von Erneuerbaren (+0,6 PJ bzw. +2,4 %) und Kohle (+0,1 PJ bzw. +12,3 %), wobei es sich bei erneuerbaren Energien 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 2000-2022 (in PJ)

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

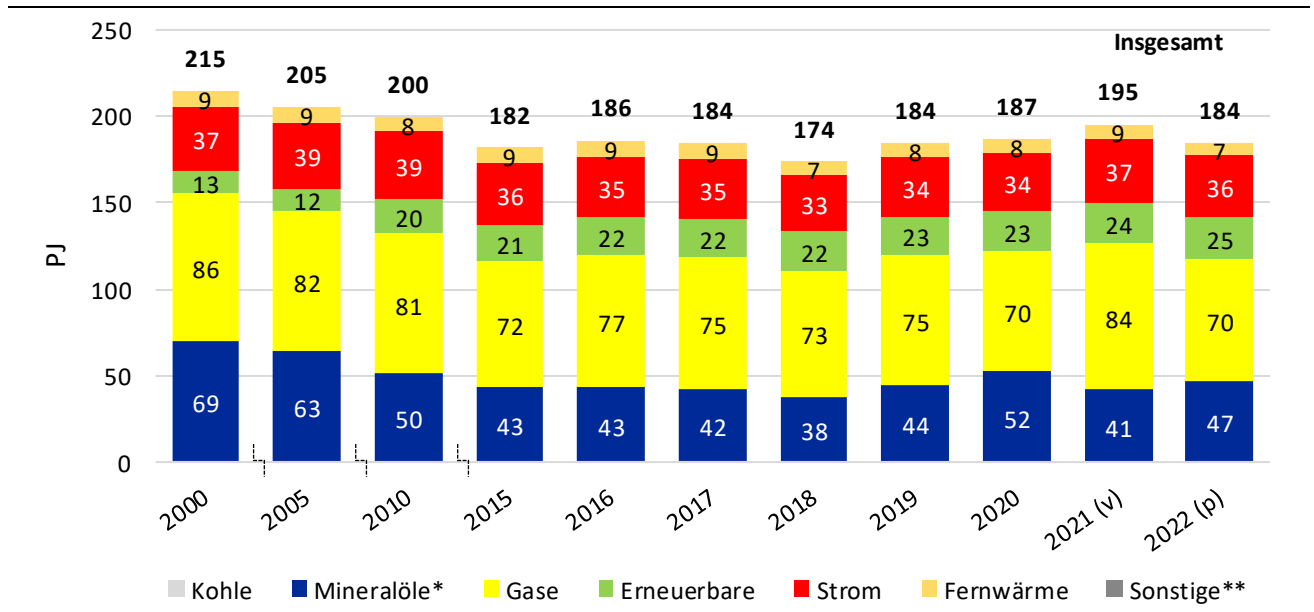
Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Abbildung 9: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen nach Energieträgern 2000-2022 (in PJ)

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

Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Abbildung 10: Entwicklung des Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte nach Energieträgern 2000-2022 (in PJ)



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

Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Bei langfristiger Betrachtung hat sich der EEV der privaten Haushalte zwischen 2000 und 2021 um 30,2 PJ bzw. 14,1 Prozent verringert. Dieser Rückgang fand vor allem bis zum Jahr 2011 statt. Seitdem bewegt sich der EEV der privaten Haushalte um den Wert von 185 PJ. Dabei spiegeln sich 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. dem Jahr 2018 wider.

Differenziert nach Energieträgern war zwischen 2000 und 2021 insbesondere der Verbrauch von Mineralölen (-22,5 PJ bzw. -32,6 %) deutlich rückläufig, aber auch der Einsatz von Gas hat langfristig an Bedeutung verloren. Demgegenüber haben erneuerbare Energien (+11,4 PJ bzw. +86,3 %) eine signifikante Zunahme zu verzeichnen, hauptsächlich bedingt durch Zunahmen von Holz- und Pelletöfen, aber auch von Wärmepumpen und Solarthermieanlagen (siehe dazu 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. Nahezu unverändert blieb der Einsatz der Energieträger Strom und Fernwärme für den EEV der privaten Haushalte.

3.3 Stromerzeugung und Stromverbrauch

Im Jahr 2022 wurden in Hessen insgesamt 18,9 Terawattstunden (TWh) an Bruttostrom erzeugt und 36,7 TWh verbraucht (Abbildung 11). Die Differenz zwischen Erzeugung und Verbrauch wird durch den Stromaustauschsaldo in Höhe von 17,8 TWh geschlossen. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Bruttostromverbrauch um 0,7 TWh (-1,7 %) verringert. Demgegenüber ist die Bruttostromerzeugung kräftig um 2,6 TWh (+15,7 Prozent) gestiegen. Dadurch hat sich der Stromaustauschsaldo um 3,2 TWh (-15,3 %) verringert.

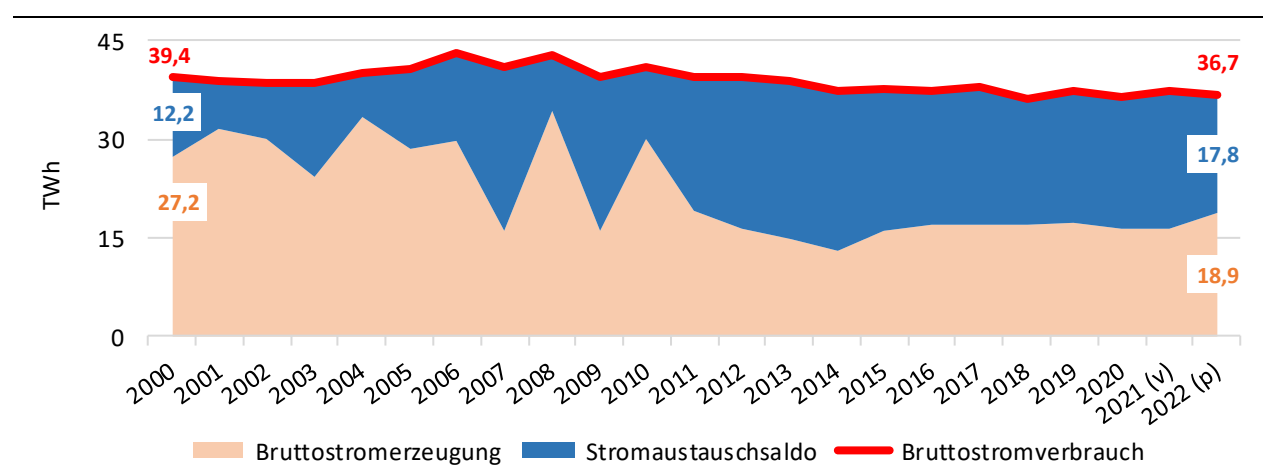
Insgesamt hat Hessen im Jahr 2022 erstmals seit dem Jahr 2010 wieder weniger als die Hälfte seines Bruttostromverbrauchs (48,4 %) aus anderen Bundesländern bzw. aus dem Ausland bezogen. Nichtsdestotrotz ist die Einbindung in das deutsche und europäische Fernübertragungsnetz für die Versorgungssicherheit des Landes Hessen von hoher Bedeutung (siehe dazu Kapitel 7).

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

deutlich ab wie der durch einen Unfall verursachte Ausfall des Kraftwerks Staudinger im Jahr 2014 und dessen Wiederanfahren im Jahr 2015. Seither verläuft die Entwicklung der Bruttostromerzeugung weitgehend stabil. Wie in Kapitel 3.2 gezeigt werden kann, 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 im Zeitraum von 2017 bis 2020 der Stromverbrauch für Rechenzentren um 60 Prozent auf 1,6 TWh angestiegen (Borderstep 2021).

Abbildung 11: Entwicklung von Bruttostromerzeugung, -verbrauch und Stromaustauschsaldo 2000-2022
(in TWh)



Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Brutto- und Nettostromverbrauch

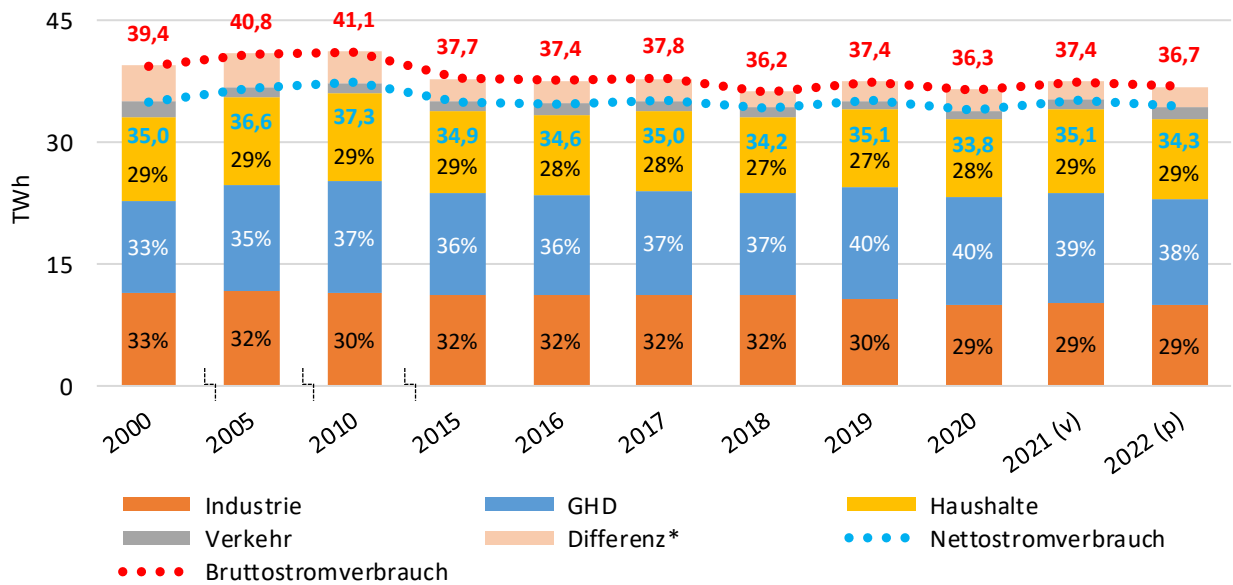
Der Unterschied zwischen Brutto- und Nettostromverbrauch besteht im Eigenverbrauch der Kraftwerke bei der Stromerzeugung sowie in Übertragungs- und Verteilungsverlusten auf dem Weg zum Endverbraucher. Abbildung 12 zeigt die langfristige Entwicklung dieser beiden Größen mit einer zusätzlichen Differenzierung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

Nach erster Schätzung beziffert sich der Nettostromverbrauch im Jahr 2022 auf 34,3 TWh, was einem Rückgang gegenüber dem Vorjahr in Höhe von 0,9 TWh bzw. 2,4 Prozent entspricht. Ursächlich für den rückläufigen Verbrauch dürften vor allem die schwache Industriekonjunktur und allgemeine Einsparbemühungen in den Sektoren private Haushalte sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) gewesen sein. So sank der Nettostromverbrauch am absolut stärksten im Sektor GHD um 0,5 TWh (-3,3 %), gefolgt von Industrie (-0,4 TWh bzw. -3,6 %) und privaten Haushalten (-0,3 TWh bzw. -2,6 %). Demgegenüber ist der Stromverbrauch im Verkehr – allerdings ausgehend von einem vergleichsweise niedrigen Niveau – gestiegen (+0,2 TWh bzw. +18,9 %).

Insgesamt wirken sich diese geringen sektoralen Nachfrageveränderungen kaum auf die strukturelle Zusammensetzung des Nettostromverbrauchs aus: Auf den Sektor mit der größten Stromnachfrage in Hessen – GHD – entfielen 38 Prozent (Vorjahr: 39 Prozent); Industrie und private Haushalte blieben unverändert bei jeweils 29 Prozent; der Verkehrssektor erhöhte seinen Anteilswert auf 4 Prozent (Vorjahr: 3 Prozent).

Im hohen Stromverbrauch des Dienstleistungssektors zeigt sich auch seine Bedeutung für die hessische Wirtschaft. Nach einer aktuellen 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 2023). 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 2000-2022 (in TWh, Anteilswerte in %)



* Verbrauch im Umwandlungssektor / Eigenverbrauch und Übertragungsverluste

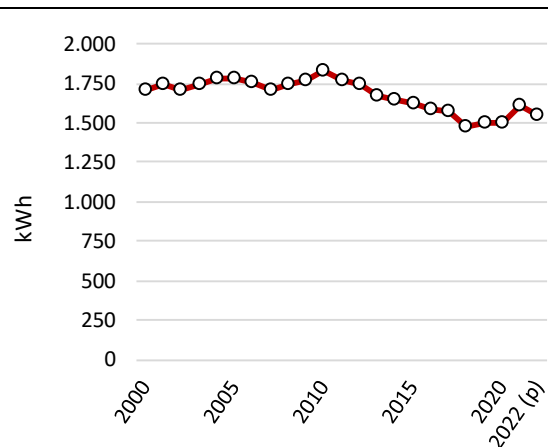
Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Stromverbrauch pro Kopf

Verteilt man den Nettostromverbrauch der privaten Haushalte im Jahr 2022 in Höhe von insgesamt 9,9 TWh auf die fast 6,4 Mio. Einwohner Hessens, so errechnet sich ein Pro-Kopf-Stromverbrauch in Höhe von 1.549 kWh. Das waren 62 kWh mehr als im Jahr zuvor (+3,8 %).

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).

Abbildung 13: Stromverbrauch der privaten Haushalte pro Kopf 2000-2022 (in kWh)



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

Bruttostromerzeugung nach Energieträgern

In Hessen wurde im Jahr 2022 Bruttostrom im Umfang von 18,9 TWh erzeugt, mit 2,6 TWh bzw. 15,7 Prozent deutlich mehr als im Vorjahr (siehe Abbildung 14). Der Anstieg ging mit deutlichen Umstrukturierungen in der Zusammensetzung der Energieträger einher. So konnte der Einsatz von Erdgas zur Stromerzeugung leicht reduziert werden (-0,1 TWh bzw. -2,0 %). Der Einsatz von erneuerbaren Energien (+1,2 TWh bzw. +14,9 %), allerdings auch von Kohle (+1,0 TWh bzw. +52,2 %) und sonstigen Energieträgern (+0,4 TWh bzw. +37,6 %) hingegen wurde deutlich ausgeweitet. Die relativ hohen Zunahmen von Kohle und Sonstigen sind auf die Anstrengungen zurückzuführen, den Einsatz von Gas wegen der Sanktionen gegen Russland so schnell wie möglich zu ersetzen (siehe dazu Kapitel 7.1). Die Zunahme der Erneuerbaren ist zudem auf einen Witterungseffekt zurückzuführen, da insbesondere in der ersten Jahreshälfte 2022 sowohl die Windgeschwindigkeiten als auch die Sonnenscheindauer spürbar höher waren als im Jahr zuvor.

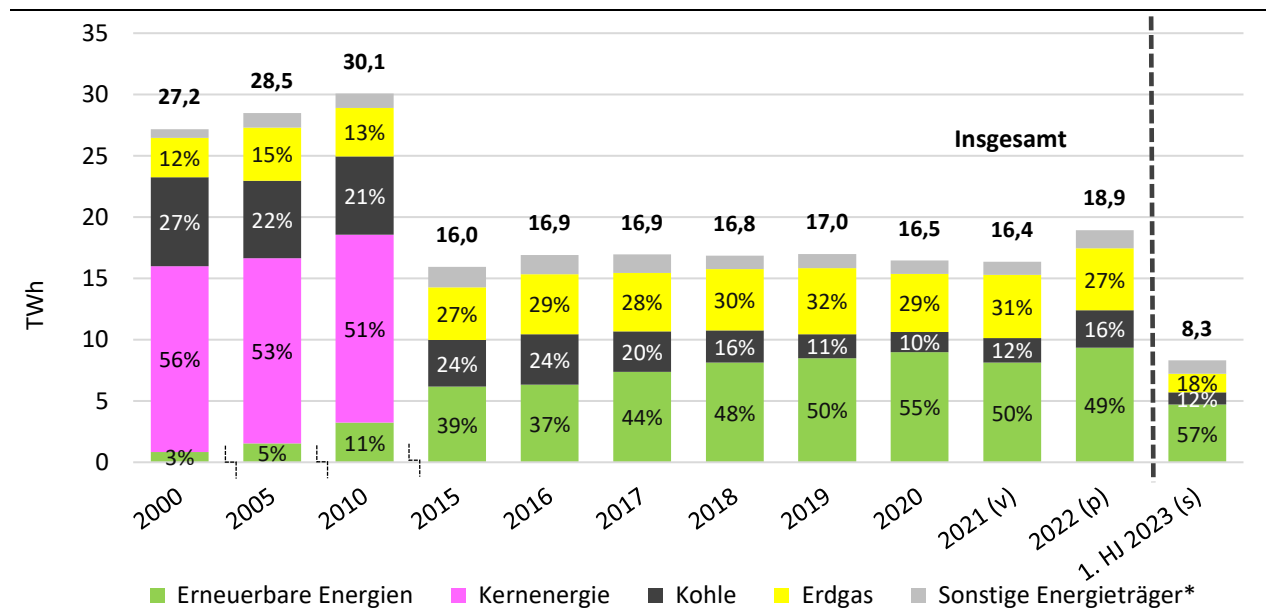
Der geänderte Energiemix schlug sich auch in signifikanten Veränderungen bei der Zusammensetzung der Energieträger im Jahr 2022 im Vergleich zum Vorjahr nieder:

Der Gasanteil rutschte mit 27 Prozent deutlich unter den Vorjahresanteil (31 %), die Anteile von Kohle und Sonstigen stiegen von 12 auf 16 Prozent bzw. von 7 auf 8 Prozent. Rund zur Hälfte (49 %) erfolgte die Bruttostromerzeugung in Hessen durch erneuerbare Energien, die mit großem Abstand seit Jahren die Stromgewinnung in Hessen prägen. Im ersten Halbjahr 2023 lag die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien auf Grund höherer Einspeisungen aus Windenergie- und Photovoltaikanlagen über dem Vorjahreswert. Rückläufig war hingegen der Einsatz von Erdgas und insbesondere von Kohle zur Stromerzeugung. Daraus ergibt sich für erneuerbare Energien im ersten Halbjahr 2023 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 steigenden Anteilen erneuerbarer Energien.

Abbildung 14: Entwicklung der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern 2000 bis 1. Halbjahr 2023
(in TWh, Anteilswerte in %)



* Mineralöl, nicht-biogene Abfälle, Pumpspeicherwerke usw.

Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose, 1. HJ 2023 (s) = eigene Schätzung auf Basis HSL 2023e.

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 Angriffskrieges von Russland gegen die Ukraine 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.

Durch die Corona-Pandemie und den dadurch bedingten wirtschaftlichen Einbruch reduzierten sich der temperaturbereinigte EEV sowie der temperaturbereinigte PEV im Jahr 2020 massiv um 15,4 Prozent bzw. 14,5 Prozent

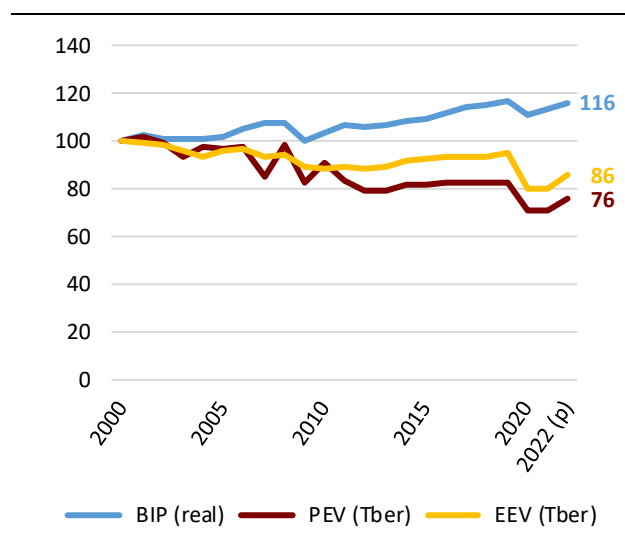
gegenüber dem Vorjahr. Damit war der gesamtwirtschaftliche Energieverbrauch deutlich stärker rückläufig als die gesamtwirtschaftliche Entwicklung, gemessen am realen BIP, das in Hessen im Jahr 2020 um 4,7 Prozent unter dem Vorjahresniveau lag. Im Jahr 2021 stieg der temperaturbereinigte PEV wieder leicht an (+0,6 %), der temperaturbereinigte EEV blieb jedoch nahezu unverändert (-0,01 %). Demgegenüber konnte 2021 die Wirtschaftsleistung real wieder um 2,4 Prozent zunehmen. Im Jahr 2022 stiegen beide temperaturbereinigte Energieverbräuche (PEV: +6,9 %; EEV: +7,1 %) deutlich stärker an als das reale BIP (+1,6 %).

Langfristig ist das hessische BIP von 2000 bis 2022 preisbereinigt um 15,7 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 24 Prozent und des gesamtwirtschaftlichen Endenergieverbrauchs in Höhe von 14 Prozent gegenüber. Dabei vollzog sich der stärkste Rückgang zwischen 2005 und 2012, danach blieb die

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

Entwicklung des temperaturbereinigten PEV bis 2019 annähernd konstant, der temperaturbereinigte EEV erhöhte sich sogar tendenziell wieder. Dies änderte sich zwar durch die Corona-Pandemie, als bisherige Tiefstände in den Entwicklungen von temperaturbereinigtem PEV und EEV erreicht wurden. Mit Blick auf das Jahr 2022 zeichnen sich aber bei beiden Indikatoren wieder ansteigende Energieverbräuche ab.

Abbildung 15: Entwicklung von Bruttoinlandsprodukt sowie temperaturbereinigtem Primär- und Endenergieverbrauch (Tber) 2000-2022
(Index 2000 = 100)



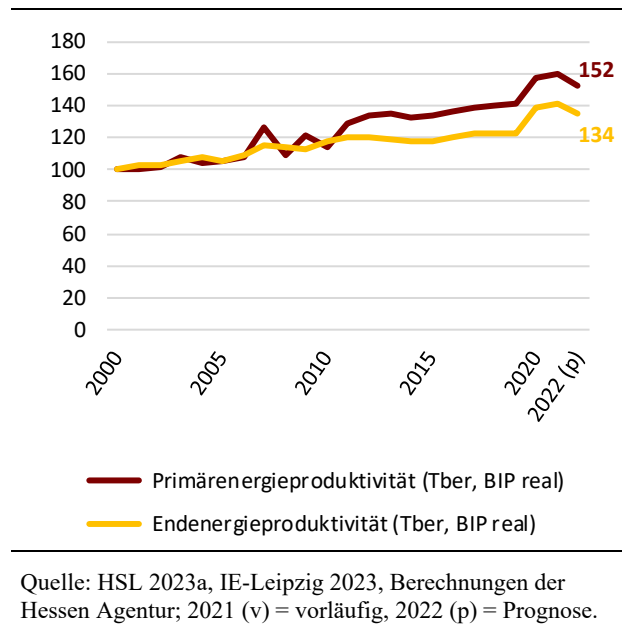
Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023, Berechnungen der Hessen Agentur; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

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. Demnach haben im Jahr 2021 – beschleunigt durch die Auswirkungen der Corona-Pandemie – sowohl die Endenergieproduktivität als auch die Primärenergieproduktivität ihre bisherigen Höchststände mit Indexwerten von 160 bzw. 142 erreicht.

Im Jahr 2022 waren beide Indikatoren – trotz erheblicher Energieeinsparbemühungen infolge des Angriffskrieges von Russland gegen die Ukraine – wieder rückläufig, was vor allem auf eine Rückkehr des Luftverkehrs zur Normalität nach Überwindung der Corona-Pandemie zu erklären ist. So verringerte sich die Endenergieproduktivität um 5,1 Prozent und die Primärenergieproduktivität um 5,0 Prozent im Vergleich zum Vorjahr 2021.

Über den Gesamtzeitraum von 2000 bis 2022 errechnet sich ein jährlicher Anstieg der Primärenergieproduktivität in Höhe von jährlich +2,0 Prozent und der Endenergieproduktivität in Höhe von jährlich +1,4 Prozent.

Abbildung 16: Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen temperaturbereinigten Primär- und Endenergieproduktivität (TBER) 2000-2022
(Index 2000 = 100)



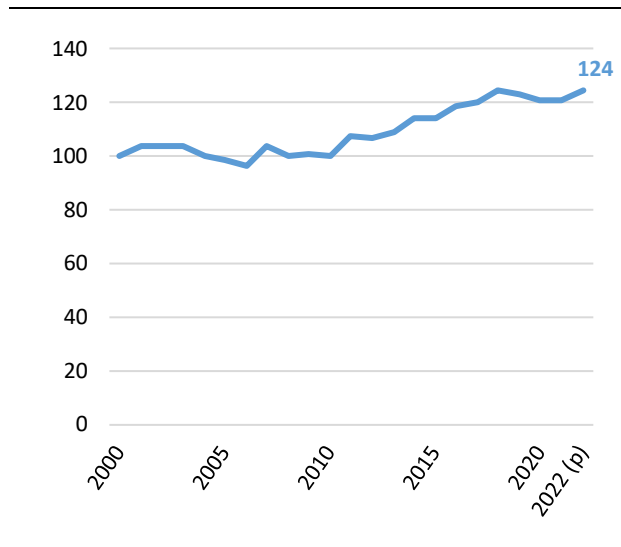
Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023, Berechnungen der Hessen Agentur; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Stromproduktivität der Gesamtwirtschaft

Die gesamtwirtschaftliche Stromproduktivität wird als Quotient aus realem BIP und temperaturbereinigtem Bruttostromverbrauch errechnet (siehe Abbildung 17). Im Jahr 2022 schwächte sich die Dynamik des realen gesamtwirtschaftlichen Wirtschaftswachstums zwar deutlich ab, blieb mit +1,6 Prozent aber positiv (Vorjahr: +2,4 %). Demgegenüber war der temperaturbereinigte Bruttostromverbrauch rückläufig (-1,2 %), sodass sich die gesamtwirtschaftliche Stromproduktivität um 2,8 Prozent erhöhte.

Damit konnte zum einen der coronabedingte Rückgang im Jahr 2020 (-2,1 %) mehr als ausgeglichen werden, der Zuwachs fiel zum anderen auch deutlich höher aus als im langfristigen Durchschnitt: So hat sich die gesamtwirtschaftliche Stromproduktivität im Zeitraum von 2000 bis 2022 um insgesamt 24 Prozent bzw. durchschnittlich 1,0 Prozent jährlich erhöht.

Abbildung 17: Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen temperaturbereinigten Stromproduktivität 2000-2022 (Index 2000 = 100)



Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023, Berechnungen der Hessen Agentur; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes

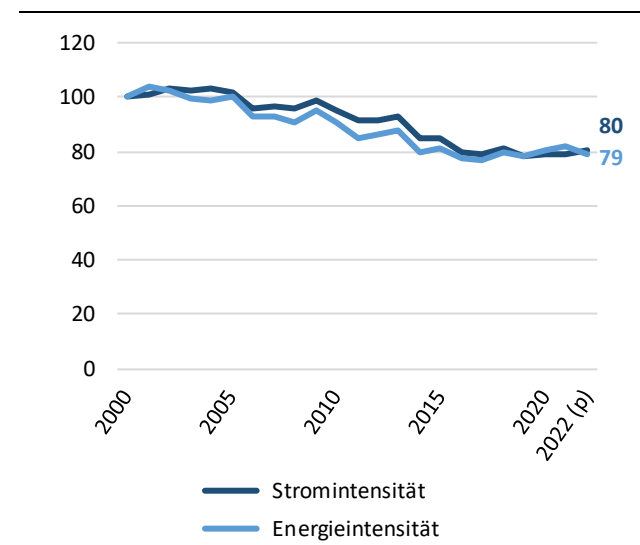
Die Indikatoren Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes werden als Quotienten aus Energieverbrauch und Bruttowertschöpfung bzw. aus Stromverbrauch und Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe berechnet. Sie geben an, wie viel Energie bzw. Strom aufgewendet werden muss, um eine Einheit 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 2022 um 5,3 Prozent gegenüber dem Vorjahr verringert. Dieser konjunkturelle Einbruch schlägt sich auch im stark rückläufigen Energie- und Stromeinsatz des Verarbeitenden Gewerbes nieder. Dabei reduzierte sich der Energieeinsatz mit 8,4 Prozent sogar stärker als die reale BWS, der Stromverbrauch schrumpfte mit 3,7 Prozent etwas schwächer als die Wirtschaftsleistung.

Demnach wurden im Jahr 2022 zur Erzeugung von 1.000 Euro Bruttowertschöpfung 667 kWh Energie und davon 235 kWh Strom verbraucht. Daraus resultiert im Vergleich zum Vorjahr ein vergleichsweise starker Rückgang der Energieintensität in Höhe von 3,3 Prozent und gleichzeitig ein leichter Zuwachs der Stromintensität (+1,8 %).

Abbildung 18 zeigt dazu die langfristigen Entwicklungen von Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes in Hessen von 2000 bis 2022 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 20 Prozent unter dem Niveau des Jahres 2000. Zur Herstellung einer (Markt-)Preiseinheit Güter wird im Produktionsprozess rund ein Fünftel weniger Energie und Strom benötigt, als dies vor 22 Jahren noch der Fall war.

Abbildung 18: Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes 2000-2022 (Index 2000 = 100)



Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023, Berechnungen der Hessen Agentur; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Nach einzelnen Industriebranchen differenzierte Angaben zur Energie- und Stromintensität liegen aktuell für das Jahr 2020 vor.⁵ In Abbildung 19 ist der branchenspezifische Energie- und Stromverbrauch je 1.000 Euro Bruttowertschöpfung absteigend nach der Höhe des

⁵ Während Daten zur Bruttowertschöpfung für das Verarbeitende Gewerbe insgesamt bis zum Jahr 2022 vorliegen, reichen die Angaben zur Bruttowertschöpfung für einzelne Industriebranchen zum Redaktionsschluss (31.07.2023) nur bis zum Jahr 2020 (HSL 2023b). Zum sektoralen Energieverbrauch am Beispiel des Bergbaus und des Verarbeitenden Gewerbes siehe auch die Erläuterungen im Glossar.

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 Spannbreite zwischen den Branchen nicht so stark ausgeprägt.

Infolgedessen weist die Herstellung von Holzwaren, Papier und Druckerzeugnissen mit 2.605 kWh Energie bzw. 625 kWh Strom je 1.000 Euro Bruttowertschöpfung den höchsten spezifischen Energie- und Stromverbrauch aller Industriebranchen auf. Mit einem Anteil von 3,9 Prozent an der gesamten industriellen Bruttowertschöpfung spielt diese Industriebranche in Hessen allerdings nur eine geringe Rolle.

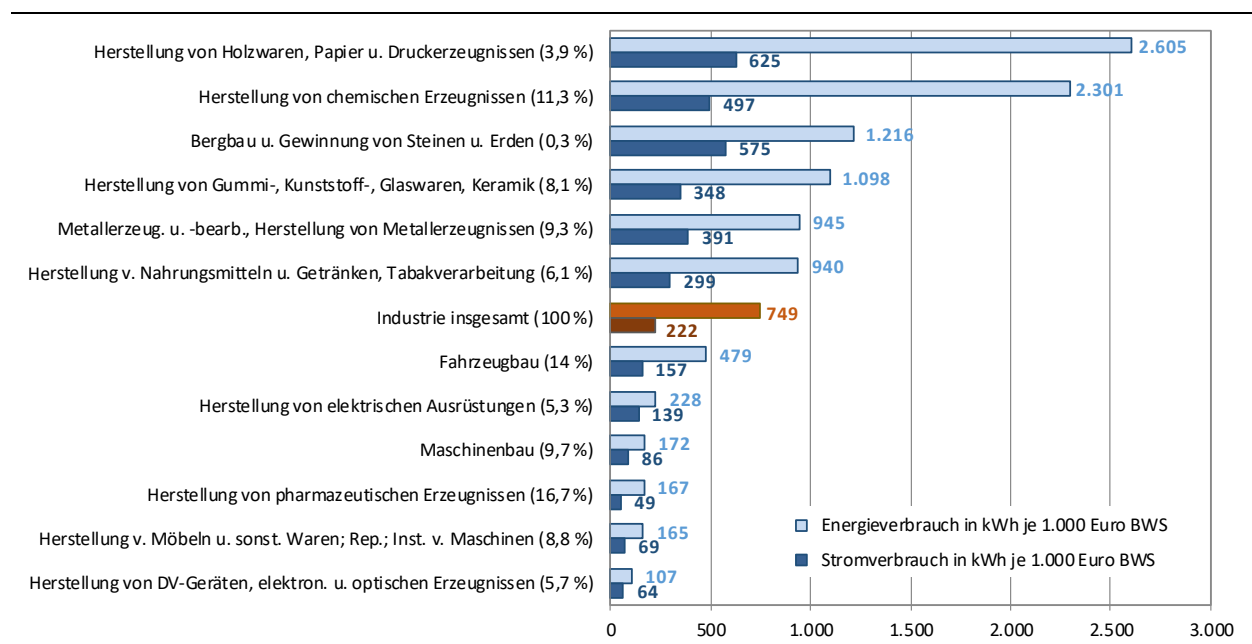
Es folgt die Chemische Industrie, die gemessen am Bruttowertschöpfungsanteil von 11,3 Prozent zu den bedeutendsten Industriebranchen in Hessen zählt. Der spezifische Energie- und Stromverbrauch der Chemischen Industrie von 2.301 kWh bzw. 497 kWh je 1.000 Euro BWS liegt deutlich über dem Industriedurchschnitt von

749 kWh Energie- und 222 kWh Stromverbrauch. Ebenfalls einen überdurchschnittlichen Energie- und Stromverbrauch sowie eine hohe Bedeutung für die hessische Industrie weisen die Branchen Herstellung von Gummi, Kunststoff, Glas und Keramik sowie Metallerzeugung und Metallbearbeitung auf.

Die Energie- und Stromintensitäten der beiden größten Industriebranchen Herstellung pharmazeutischer Produkte (16,7 %) und Fahrzeugbau (14,0 %), 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 747 kWh bzw. 227 kWh je 1.000 Euro BWS im Jahr 2019 – leicht allerdings mit unterschiedlichen Vorzeichen um +0,2 Prozent bzw. -2,2 Prozent verändert.

Abbildung 19: Energie- und Stromintensität nach Industriebranchen in Hessen 2020
(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 2022, HSL 2023d, Berechnungen der Hessen Agentur.

4

Erneuerbare Energien



4 Erneuerbare Energien

Als Reaktion auf den Krieg in der Ukraine und der damit einhergehenden Verknappung und Verteuerung fossiler Energien haben viele Haushalte, Unternehmen und öffentliche Gebietskörperschaften ihren Energieverbrauch und dabei insbesondere den von Erdgas deutlich reduzieren können (siehe Kapitel 3). Kurzfristig waren diese Energieeinsparungen vor allem durch Absenkungen der Raumtemperaturen möglich. Perspektivisch lässt sich die nach wie vor hohe Abhängigkeit von fossilen Energieträgern vor allem durch den Ausbau erneuerbarer Energieanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung nachhaltig reduzieren.

Durch Sektorkopplung 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 vollständig ersetzen könnten. Zu dieser sektorübergreifenden Vernetzung wurde von der LandesEnergieAgentur Hessen eine umfangreiche Metastudie herausgegeben (LEA 2022). 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 Sektorkopplung 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 spielen, 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 Direktelektrifizierung 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. Die deutschen Fernleitungsnetzbetreiber haben im Juli 2023 im Auftrag der Bundesregierung einen Entwurf für ein nationales **Wasserstoff-Kernnetz** vorgelegt, welches ca. 11.200 Kilometer Leitungen umfasst. Zwei Vorhaben tangieren dabei unmittelbar Hessen. Dies sind die Projekte „H2ercules“ (OGE / RWE) sowie das Projekt „FLOW“ (gascade / terranets bw / Ontras), welche von Nordwesten und von Nordosten auf Lampertheim (Kreis Bergstraße) zulaufen. Bis Ende 2023 soll die Netzplanung für das Kernnetz final abgestimmt sein. Zum Berichtszeitpunkt fand ein Konsultationsverfahren statt, in dem von Landesseite insbesondere auf die nötige Erschließung von Mittel- und Nordhessen verwiesen wurde.

Die Zahl der **Wasserstofftankstellen** in Hessen lag im Juli 2023 unverändert bei neun öffentlichen Stationen in Betrieb, zwei Standorte befanden sich in Umsetzungsplanung bzw. Bau. Bei vier Tankstellen ist zudem eine Ertüchtigung geplant, sodass diese künftig alle Arten von Nutzfahrzeugen (350 und 700 bar) betanken können. Auf europäischer Ebene relevant war die Verabschiedung der AFIR-Verordnung, die den weiteren Ausbau von Ladeinfrastruktur und Wasserstofftankstellen in der EU regelt. So müssen bis 2031 entlang der Haupttrouten (TEN-V Transeuropäische Verkehrsnetze) mindestens alle 200 Kilometer Wasserstofftankstellen errichtet werden.

Im Anwendungsbereich des **ÖPNV** wurde im Dezember 2022 ein Meilenstein erreicht mit der Inbetriebnahme von Wasserstoffzügen für das Streckennetz der Taunusbahn. Die Flotte befindet sich derzeit im Aufbau und soll im Verlauf des Jahres 2023 die Zielgröße mit 27 Fahrzeugen erreichen. Im Segment der Wasserstoffbusse verkehrt derzeit die größte Flotte Hessens mit 13 Fahrzeugen in Frankfurt, weitere Busse wurden bestellt. Zudem liegen weitere Förderbescheide für hessische Aufgabenträger zum Aufbau entsprechender Flotten und Infrastrukturen vor.

In Fulda wurde zu Beginn des Jahres 2023 das Cluster HyWheels-Hessenflotten gegründet, um den Aufbau erster Lkw-Flotten in der **Transportlogistik** auch in Hessen zu unterstützen. Ziel sind 30 Fahrzeuge bis zum Beginn des Jahres 2025. Parallel dazu wurde ein Förderbescheid für eine Wasserstofftankstelle in einem Gewerbepark in Michelsrombach erteilt, inklusive Elektrolyseur (5 MW), die als eine von drei Stationen in Osthessen der Versorgung der Lkw dienen soll.

Um die Skalierung von **synthetischen Kraftstoffen** für den Flugverkehr (SAF / e-Fuel) zu unterstützen, wurde im April 2023 im Industriepark Frankfurt-Höchst mit dem Bau der ersten großindustriellen PtL-Pionieranlage Deutschlands zur Erzeugung von synthetischem Kerosin begonnen. Die Errichtung erfolgt im Industriepark Frankfurt-Höchst. Mit dem Produktionsstart im Jahr 2024 sollen hier bis zu 2.500 Tonnen nachhaltiges e-Fuel produziert werden. Begleitend dazu wird durch das CENA ein Begleitforschungsprojekt koordiniert, um zu untersuchen, wie die Fischer-Tropsch-Synthese zur Herstellung von PtL-Kraftstoffen mit einer variablen Bereitstellung von erneuerbarem Strom betrieben werden kann.

Die in den vergangenen Jahren durch den Bund etablierten **Wasserstoffregionen** entwickelten sich weiter und bilden auf kommunaler Ebene mittlerweile eine wichtige Keimzelle für Projektideen und -aktivitäten. In Hessen umfassen diese die Region Nordhessen, Fulda / Osthessen, Landkreis Bergstraße sowie Landkreis Marburg-Biedenkopf. In letzterem wird eine Erweiterung mit dem Kreis Gießen angestrebt hin zu einer Wasserstoffregion Mittelhessen.

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 Vorhabenstellungen, 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.

Als eine der ersten Maßnahmen aus der Strategie wurde durch die Landesstelle Wasserstoff eine **Potenzialanalyse** zu den künftigen Wasserstoffbedarfen in Hessen umgesetzt und im April 2023 vorgestellt. Demnach wird im „Hessen-Szenario“ der Wasserstoffbedarf im Land sektorübergreifend von ca. 8,3 TWh im Jahr 2030 auf ca. 30,2 TWh im Jahr 2045 ansteigen (siehe Abbildung 20). Während im Jahr 2030 vorrangig der Industrie- und Verkehrssektor zu den Treibern der Nachfrage gehören, werden bis zum Jahr 2045 auch die beiden Sektoren Energiewirtschaft und Gebäude signifikante Nachfragepotenziale aufweisen.

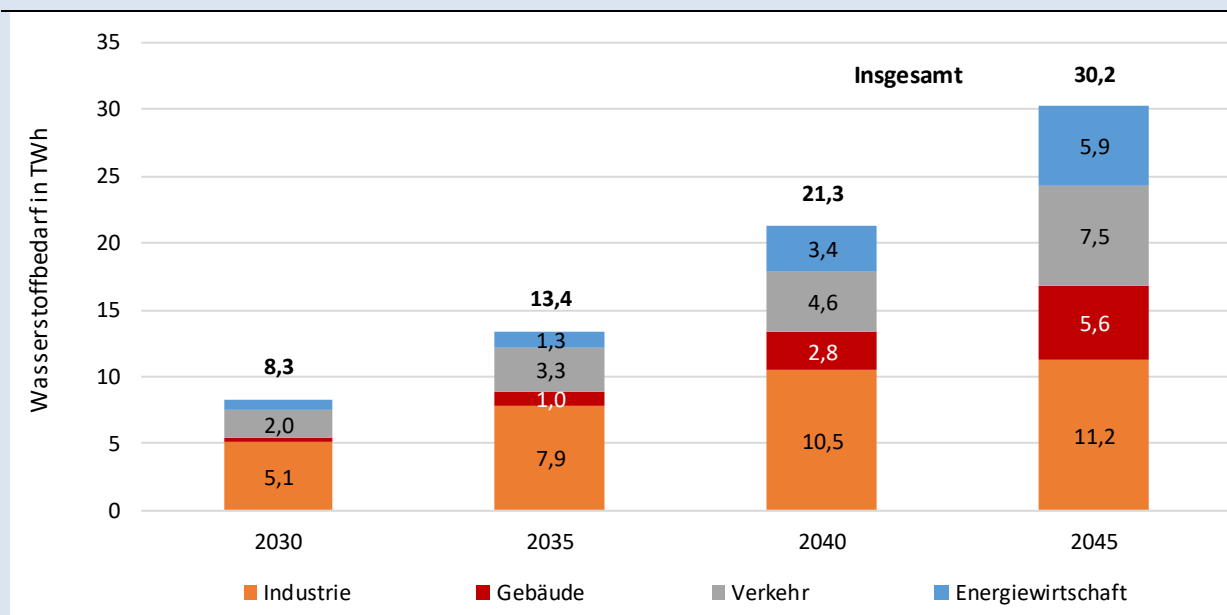
Mit Blick auf die abzusehenden Wasserstoffbedarfe sowie auch die aktuellen Bestrebungen zur Errichtung eines Wasserstoff-Kernnetzes in Deutschland wurde in Kooperation mit Verteilnetzbetreibern eine Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines **Wasserstoff-Regionalnetzes im Rhein-Main-Gebiet** umgesetzt und im Sommer 2023 öffentlich vorgestellt. Anknüpfend an das überregionale Fernleitungsnetz werden darin der Bedarf für eine regionale, leitungsgebundene Verteilinfrastruktur spätestens ab dem Jahr 2030 bestätigt sowie erste Eckdaten skizziert. Ein solches Regionalnetz wird mit einer Gesamtlänge von ca. 300 Kilometern abgeschätzt und dient insbesondere dem Anschluss von industriellen Ankerkunden. Es sind mehrere Netzkopplungspunkte zu dem vorgelagerten Kernnetz vorgesehen. Ausgehend von dem regionalen Backbone, können anschließend geeignete Abschnitte des heutigen Erdgas-Verteilnetzes auf Wasserstoff umgestellt werden. In den kommenden Monaten und Jahren sind weitere Schritte zur Realisierung einer solchen Netzstruktur zu erwarten. Diese werden im Dialogprozess über die Landesstelle Wasserstoff aktiv begleitet und unterstützt.

Auf Basis der Erkenntnisse für das Rhein-Main-Gebiet wurde im Frühjahr 2023 mit der Umsetzung einer vergleichbar gelagerten Machbarkeitsstudie für die Region Mittel- und Nordhessen begonnen. Ergebnisse hierzu sollen bis zum Ende des Jahres vorliegen.

Während die Pipelines insbesondere dem Transport von importiertem Wasserstoff dienen, verfügt Hessen in begrenztem Maß auch über eigene Wasserstoff-Erzeugungspotenziale auf erneuerbarer Basis, die insbesondere als Teil lokaler Wertschöpfungsketten in integrierten Projekten zur Nutzung kommen können.

Um dieses Angebot über die kommenden Jahre bis 2045 zu quantifizieren und zu verorten, hat die Landesstelle Wasserstoff im Frühjahr 2023 die Umsetzung einer **Analyse zu den Wasserstoff-Erzeugungspotenzialen** in Hessen inklusive Identifikation geeigneter Elektrolysestandorte gestartet. Bis Ende des Jahres werden auch hier Ergebnisse erwartet.

Abbildung 20: Hochlauf und Zusammensetzung der Wasserstoffbedarfsprognose bis 2045 – Potenzialanalyse im Szenario „Hessen“ (Angaben in TWh)



Quelle: LandesEnergieAgentur (2023).

4.1 Bedeutung für den Primärenergieverbrauch

In Hessen haben erneuerbar erzeugte Energien im Jahr 2022 zusammengenommen 27,2 TWh zum Primärenergieverbrauch (PEV) in Höhe von 221,8 TWh beigetragen.⁶ Dies waren zwar 0,4 TWh bzw. 1,3 Prozent mehr als im Jahr zuvor, dennoch sank der Anteil erneuerbarer Energien am gesamten PEV um 0,3 Prozentpunkte auf 12,3 Prozent (siehe Abbildung 21). Dies lag vor allem daran, dass sich der PEV aufgrund der hohen Zunahmen beim Mineralölabsatz sogar noch deutlich stärker (+3,8 %) erhöht hat (siehe dazu die Ausführungen in den Kapiteln 3.1 und 8.1).

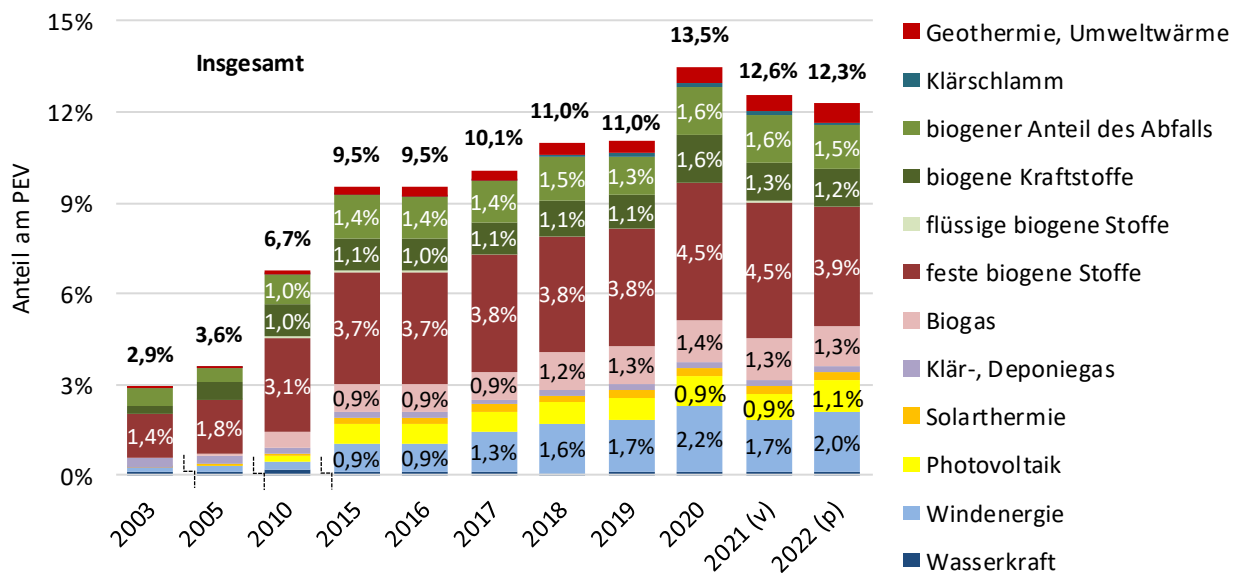
Mit Blick auf die einzelnen erneuerbaren Energieträger zeigen sich unterschiedliche Entwicklungen. Aufgrund

der im Vorjahresvergleich höheren Windgeschwindigkeit verzeichnete die absolut größte Ertragszunahme die Windkraft mit 748 Gigawattstunden (GWh) bzw. 20,3 Prozent. Zudem wirkte sich im Jahr 2022 eine längere Sonnenscheindauer positiv auf den Ertrag von PV-Anlagen aus, der um 489 GWh (+25,9 %) höher ausfiel als im Vorjahr. Da die längere Sonnenscheindauer mit einer insgesamt mildereren Witterung einherging, verringerte sich der Einsatz von fester Biomasse zur Wärmezeugung um 970 GWh (-10,0 %). Im Vergleich dazu fallen bei den anderen erneuerbaren Energieträgern die absoluten Veränderungen gegenüber dem Vorjahr mit Werten zwischen -119 und +171 GWh gering aus. Abgenommen haben biogene Abfälle (-19 GWh bzw. -3,6 %), biogene Kraftstoffe (-29 GWh bzw. -1,1 %) und Wasserkraft (-26 GWh bzw. -11,5 %).

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

Wie bereits im Vorjahr nahezu unverändert blieben flüssige biogene Stoffe, Klär- und Deponiegas und Klärschlamm. Zuwächse hatten Geothermie und Umweltwärme (+171 GWh bzw. +14,3 %), Solarthermie (74 GWh bzw. +13,8 %) sowie Biogas (+19 GWh bzw. +0,7 %).

Abbildung 21: Anteile erneuerbarer Energieträger am Primärenergieverbrauch 2003*-2022 (in %)



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

Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Auch im Jahr 2022 trugen feste biogene Stoffe mit 3,9 Prozent von allen erneuerbaren Energieträgern am meisten zum PEV bei. Es folgen Windenergie (2,0 %), der biogene Anteil des Abfalls (1,5 %), Biogas (1,3 %), biogene Kraftstoffe (1,2 %), Photovoltaik (0,9 %) sowie Geothermie und Umweltwärme (0,6 %). 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.

4.2 Bedeutung für den Endenergieverbrauch

Im Jahr 2022 haben erneuerbare Energien 23,5 Terawattstunden (TWh) zum Endenergieverbrauch (EEV) in Höhe von insgesamt 203,5 TWh beigetragen. Dies waren 0,9 TWh bzw. 4,1 Prozent mehr als im Vorjahr (siehe Abbildung 22). Ursächlich dafür waren ausschließlich Zuwächse bei der erneuerbaren Stromerzeugung um über

1,2 TWh (+14,9 %) von 8,14 auf 9,35 TWh. Demgegenüber war der Verbrauch von erneuerbaren Energieträgern zur Wärmeerzeugung witterungsbedingt insgesamt um 259 GWh (-2,2 %) rückläufig. Biokraftstoffe haben sich ebenfalls geringfügig um 29 GWh (-1,0 %) verringert.

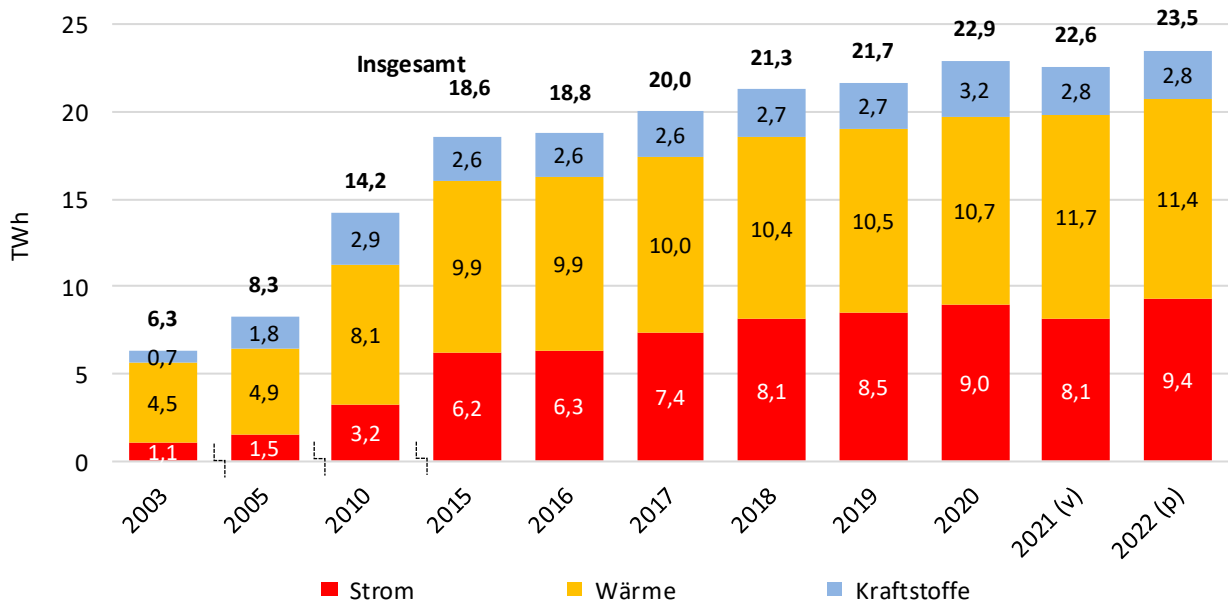
Anzumerken ist, dass es sich bei den 9,4 TWh an erneuerbar erzeugtem Strom nur um die in der Statistik erfasste Strommenge handelt. Der von den Anlagenbetreibern selbst erzeugte und selbst verbrauchte Strom ist hierin nicht enthalten.

Abbildung 23 zeigt die langfristigen Entwicklungen des EEV aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe als Indexreihen ab dem Jahr 2003. Über den gesamten Zeitraum weist die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien den höchsten Zuwachs auf und hat sich bis 2022 gegenüber dem Ausgangsniveau im Jahr 2003 mit einem Indexwert von 832 mehr als verachtfacht. Der ausgeprägte Rückgang im Jahr 2021 ist das Ergebnis witterungsbedingt deutlich niedrigerer Erträge insbesondere von Windenergieanlagen, aber auch von PV-Anlagen.

Die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien hat sich zwischen 2003 und 2022 in etwa um das 2,5-Fache erhöht. Dabei erhöhte sie sich von 2003 bis zum Jahr 2008 kaum, stieg dann bis zum Jahr 2010 relativ stark an und

ist seither mit einer insgesamt geringen Dynamik tendenziell zunehmend. Witterungsbedingt fiel der Indexwert leicht von 259 im Jahr 2021 auf 253 im Jahr 2022.

Abbildung 22: Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe 2003*-2022 (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 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

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 sank der Biokraftstoffverbrauch bis zum Jahr 2009 wieder ab und bewegte sich bis zum Jahr 2022 mit geringen Schwankungen auf einem Niveau von zuletzt 406 Indexpunkten.

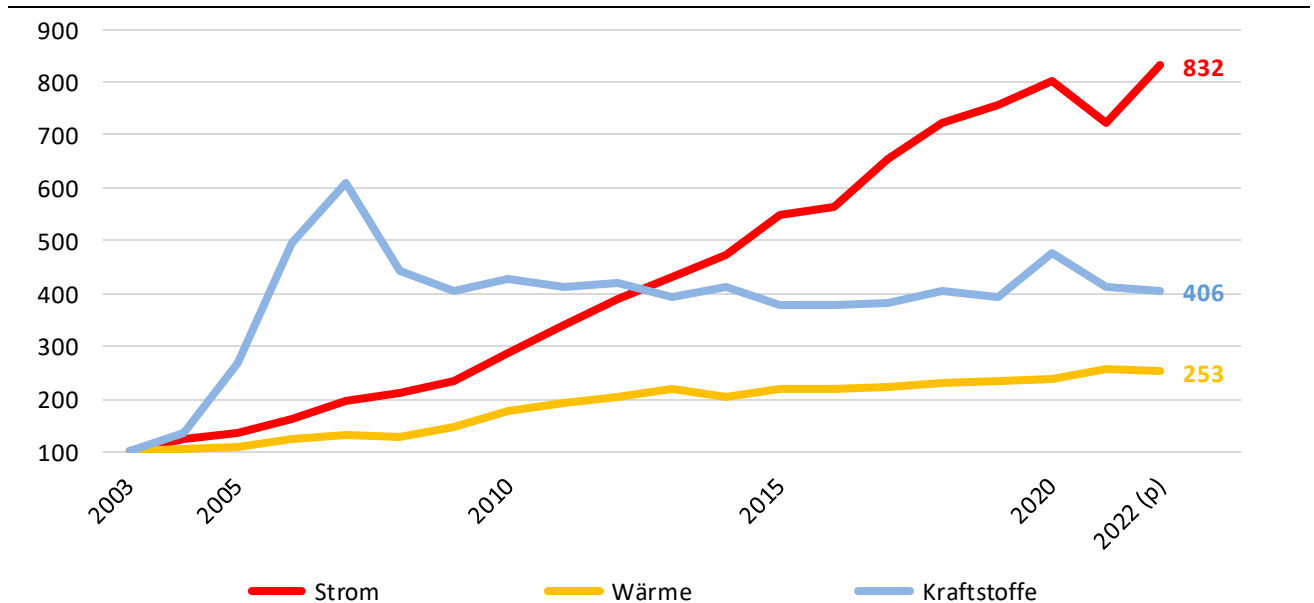
Einmalig unterbrochen wurde dieser Verlauf jedoch im Jahr 2020, als sich durch die Anhebung der Treibhausgasminderungsquote von vier auf sechs Prozent die Beimischung von Biotreibstoffen signifikant erhöhte. Dies führte zu einem Anstieg der Biokraftstoffe um rund 80 Indexpunkte auf einen Wert von etwa 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.

Um 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). Damit wirkt sich die steigende Elektromobilität dämpfend auf den Einsatz von Biokraftstoffen aus.

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

Abbildung 23: Entwicklung des EEV von Strom, Wärme und Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien 2003*-2022 (Index 2003 = 100)



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

Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Stromsektor

Im Jahr 2022 wurden in Hessen 9,4 TWh (9.353 GWh) erneuerbarer Strom erzeugt. Dies waren 1,2 TWh (1.213 GWh) bzw. 14,9 Prozent mehr als ein Jahr zuvor (siehe Abbildung 24). Maßgeblich ist dieser Anstieg auf die wieder deutlich günstigeren Windbedingungen insbesondere in der ersten Jahreshälfte 2022 zurückzuführen. So haben die 1.168 hessischen Windenergieanlagen im Jahr 2022 insgesamt 4,4 TWh (4.437 GWh) Strom erzeugt, 748 GWh bzw. 20,3 Prozent mehr als im Vorjahr (siehe auch Kapitel 6.1).

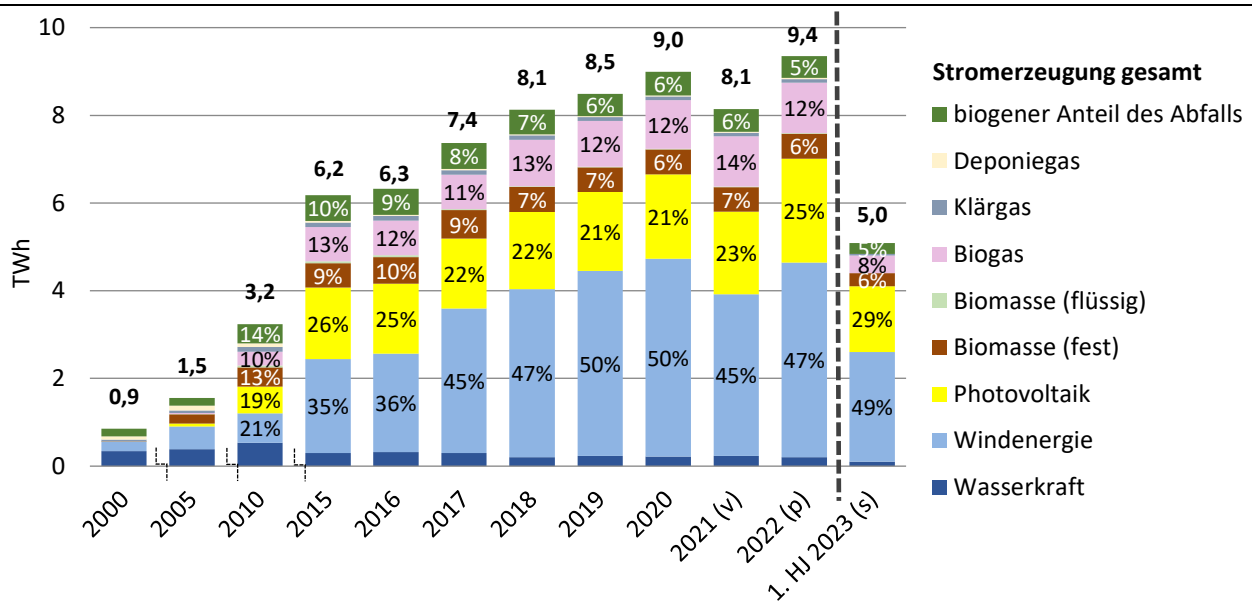
Ebenfalls spürbar zugenommen hat der Stromertrag durch PV-Anlagen in Höhe von 489 GWh gegenüber dem Vorjahr, was neben dem Zubau von PV-Kapazitäten ebenfalls auf bessere Witterungsbedingungen, in diesem Falle durch mehr Sonnenstunden als im Vorjahr zurückzuführen ist.⁸ Die Zunahmen der Stromerzeugung aus Wind- und PV-Anlagen betragen zusammen 1.237 GWh und prägen die erneuerbare Stromerzeugung in Hessen. So entfallen auf Windenergie im Jahr 2022 47 Prozent und auf Photovoltaik 25 Prozent der gesamten erneuerbaren Stromerzeugung in Hessen.

Für alle anderen erneuerbaren Energieträger bewegten sich die erbrachten Strommengen in etwa auf dem Niveau des Vorjahres: So wurden im Jahr 2022 mit Biogas 1.156 GWh Strom erzeugt (+11,5 GWh bzw. +1,0 %), mit fester Biomasse 570 GWh (+8,1 GWh bzw. +1,4 %) und mit dem biogenen Anteil des Abfalls 498 GWh (-16,4 GWh bzw. -3,2 %) erneuerbarer Strom erzeugt, was Anteilswerten von 12 Prozent, 6 Prozent und 5 Prozent entspricht.

Auf die verbleibenden Energieträger entfallen zusammen nur gut 3 Prozent der erneuerbaren Stromerzeugung, davon auf Wasserkraft 2,2 Prozent, auf Klärgas 0,8 Prozent, auf Deponiegas 0,3 Prozent und auf flüssige Biomasse 0,1 Prozent. Dabei stieg nur der Einsatz von Klärgas im Vergleich zum Vorjahr leicht um 0,7 GWh (+0,8 %) an. Alle anderen Energieträger entwickelten sich rückläufig: Wasserkraft -26,2 GWh bzw. -11,5 Prozent, Biomasse (flüssig) -1,9 GWh bzw. -13,4 Prozent und Deponiegas -0,7 GWh bzw. -2,8 Prozent.

⁸ Für das Jahr 2022 weist der Deutsche Wetterdienst für Deutschland eine Globalstrahlung von 1.226 kWh/m², den bisherigen Höchstwert aus. Der Vorjahreswert lag bei 1.090 kWh/m², im Schnitt der letzten 10 Jahre wurden 1.123 und seit 1990 im Schnitt 1.090 kWh/m² erzielt (AGEE 2023).

Abbildung 24: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2000 bis 1. Halbjahr 2023
(in TWh, Anteilswerte in %)



Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose, 1. HJ 2023 (s) = eigene Schätzung auf Basis HSL 2023e.

Wird die im Jahr 2022 in Hessen erzeugte und eingespeiste erneuerbare Strommenge von 9,4 TWh auf den Bruttostromverbrauch in Höhe von 36,7 TWh bezogen, konnten 25,5 Prozent des gesamten hessischen Stromverbrauchs erneuerbar gedeckt werden (siehe Abbildung 25).

Unberücksichtigt bleiben bei dieser Anteilbetrachtung die erneuerbar erzeugten Stromimporte aus anderen Bundesländern. Gegenüber dem Vorjahr – 2021 wurde ein entsprechender Wert von 21,8 Prozent erreicht – ist der Anteilswert wieder spürbar gestiegen, was vor allem auf eine witterungsbedingt deutlich gestiegene Stromerzeugung durch Windenergie- und Photovoltaikanlagen zurückzuführen ist. Mit dazu beigetragen hat aber auch der im Vergleich zum Vorjahr rückläufige Bruttostromverbrauch (-1,7 %), der großenteils auf die konjunkturelle Eintrübung in der hessischen Industrie zurückzuführen sein dürfte.

Unter Berücksichtigung selbst verbrauchter Strommengen von PV-Anlagenbetreibern wird ein Anteilswert von 26,4 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):

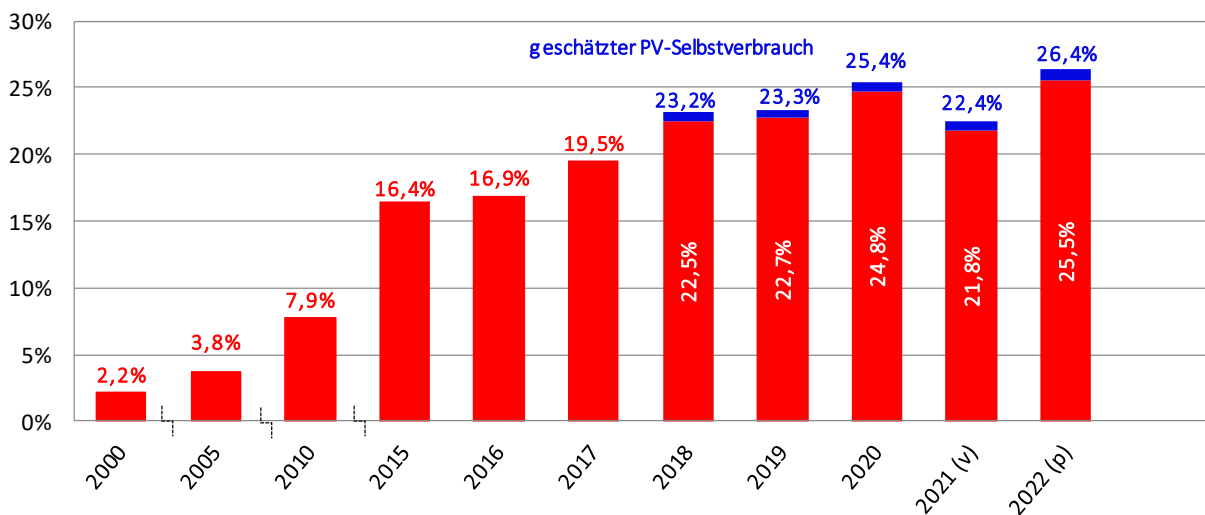
- i) geförderter Selbstverbrauch im Geltungsbereich des EEG 2009 bis EEG 2012 alte Fassung (sogenannter Eigenverbrauchsbonus),
- ii) nicht geförderter Selbstverbrauch nach dem EEG 2012 neue Fassung und
- iii) EEG-umlagepflichtiger Selbstverbrauch ab dem EEG 2014.

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 der von den Netzbetreibern erfasste Selbstverbrauch enthalten. Um den nicht geförderten Selbstverbrauch annähernd abschätzen zu können, haben das ZSW und der BDEW gemeinsam eine Methode für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat 2016) entwickelt. Demnach wird für PV-Anlagen, die zwischen April 2012 und Dezember 2012 in Betrieb genommen wurden, eine Selbstverbrauchsquote von durchschnittlich 20 Prozent und für ab dem Jahr 2013 in Betrieb genommene Anlagen eine Selbstverbrauchsquote von durchschnittlich 30 Prozent angesetzt (vgl. dazu auch die Erläuterungen in IE-Leipzig 2023).

Für das Jahr 2022 beziffert sich diese selbstverbrauchte Strommenge auf 348,5 GWh und entspricht etwa 0,9 Prozent des hessischen Bruttostromverbrauchs. Unter Berücksichtigung dieses nicht erfassten Selbstverbrauchs erhöht sich der Anteilswert erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch auf 26,4 Prozent.

Dies ist ein deutlicher Anstieg gegenüber dem Jahr 2021, in dem ein entsprechender Anteilswert von 22,4 Prozent erzielt wurde, und das zum einen durch niedrigere Wind- und PV-Erträge, zum anderen aber auch durch einen höheren Bruttostromverbrauch gekennzeichnet war (siehe dazu Kapitel 3.3).

Abbildung 25: Anteilentwicklung hessischer erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch 2000-2022*
(in %)



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

Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Wärmesektor

Zur Wärmeerzeugung in Hessen haben erneuerbare Energieträger im Jahr 2022 zusammen 11,4 TWh beigetragen (siehe Abbildung 26). Aufgrund der deutlich mildereren Witterung hat die erneuerbare Wärmeerzeugung im Vergleich zum Vorjahr leicht um 259 GWh (-2,2 %) abgenommen. Differenziert nach Energieträgern ist diese Abnahme fast ausschließlich auf biogene Feststoffe (-511 GWh bzw. -6,4 %) zurückzuführen. Ebenfalls rückläufig war ansonsten nur der biogene Anteil des Abfalls (-16 GWh bzw. -1,1 %).

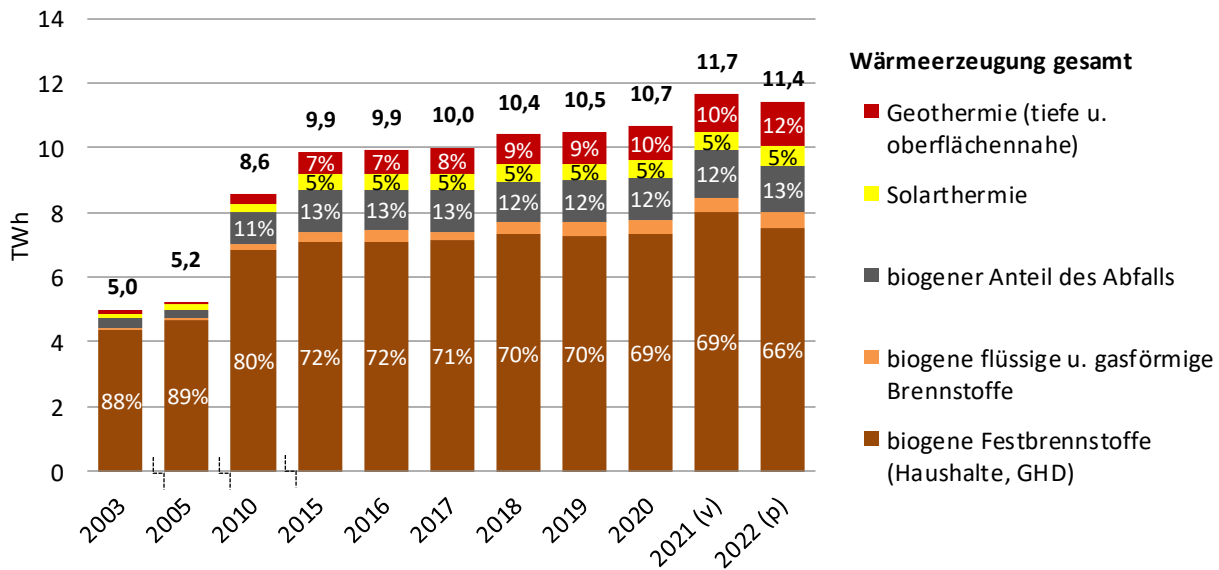
Alle anderen Energieträger konnten ihren Einsatz zur Wärmeerzeugung steigern: oberflächennahe Geothermie (+171 GWh bzw. +14,3 %), Solarthermie (+74 GWh bzw. +13,8 %) sowie biogene flüssige und gasförmige Brennstoffe (+24 GWh bzw. +5,1 Prozent).

Die Zusammensetzung der erneuerbaren Energieträger wird zu zwei Dritteln (66 %) durch biogene Festbrennstoffe geprägt, worunter z. B. Scheitholz, Pellets, Holzhackschnittel, aber auch Stroh zusammengefasst werden.

Es folgen der biogene Anteil des Abfalls mit 13 Prozent, die Nutzung von Umweltwärme und dabei insbesondere der oberflächennahen Geothermie mit 12 Prozent, die Nutzung von Solarthermie mit 5 Prozent sowie die Nutzung von flüssigen und gasförmigen biogenen Brennstoffen mit zusammen 4 Prozent.

In längerfristiger Betrachtung hat sich die erneuerbare Wärmeerzeugung zwischen 2003 und 2015 von 5 GWh auf fast 10 GWh deutlich erhöht. Seither zeichnet sich unter witterungsbedingten Schwankungen eine leichte Aufwärtsentwicklung ab. Dabei hat sich in den letzten sieben Jahren der Verbrauch aller Energieträger erhöht, am absolut stärksten bei oberflächennaher Geothermie (+700 GWh) und biogenen Festbrennstoffen (+440 GWh). Der Mehrverbrauch der übrigen erneuerbaren Energieträger summiert sich auf zusammen 400 GWh.

Abbildung 26: Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2003-2022
(in TWh, Anteilswerte in %)



Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Verkehrssektor

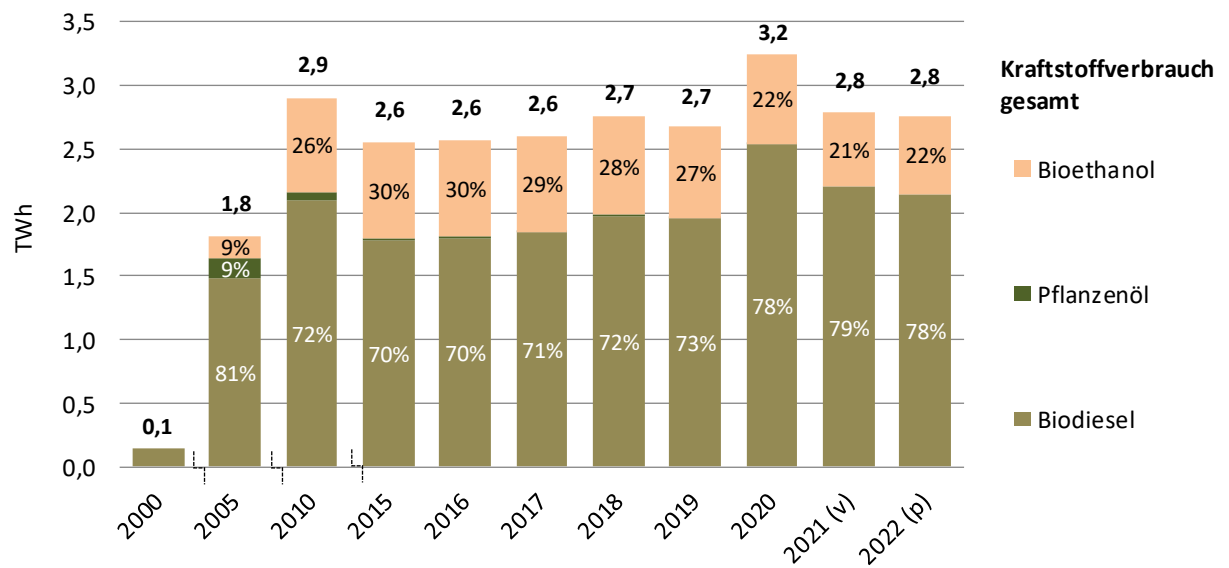
Im Verkehrssektor werden die Biokraftstoffe als Reinkraftstoffe und als Beimischungen zu fossilen Kraftstoffen eingesetzt. Der Verbrauch erneuerbarer Kraftstoffe beziffert sich im Jahr 2022 in Hessen auf 2.753 GWh (siehe Abbildung 27) und fällt damit geringfügig um 29 GWh (-1,0 %) unter das Vorjahresniveau von 2.782 GWh. Dabei stand dem Rückgang von Biodiesel in Höhe von 48 GWh (-2,2 %) eine Zunahme von Bioethanol in Höhe von 19 GWh (+3,3 %) gegenüber.

Die weiterhin rückläufige Entwicklung ist Ergebnis der Quotenübertragungsregelungen, wofür neben dem Einsatz von Biokraftstoffen auch grüner Wasserstoff oder Strom für Elektrofahrzeuge angerechnet werden können. Um beispielsweise den Aufbau der Ladeinfrastruktur für elektrisch betriebene Fahrzeuge zu unterstützen, wird 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 Ausfuhrkontrolle (BAFA) nicht mehr als Biokraftstoff ausgewiesen.

Dies zusammen wirkte sich auch auf die Struktur der erneuerbaren Kraftstoffe aus: Der Anteil von Biodiesel sank leicht von 79 auf 78 Prozent und entsprechend stieg der Anteil von Bioethanol von 21 auf 22 Prozent.

Neben Biokraftstoffen wird in Hessen auch Strom für Mobilitätszwecke im Verkehrssektor eingesetzt, der zunehmend erneuerbar erzeugt wird. Insgesamt wurden im Verkehrssektor im Jahr 2022 rund 1,4 TWh Strom für Mobilitätszwecke verbraucht, 1,1 TWh für Schienenfahrzeuge und 0,3 TWh im Straßenverkehr (siehe Kapitel 8.1). Zum Stromverbrauch speziell aus erneuerbaren Energien, aber auch zur Nutzung von grünem Wasserstoff im Verkehrssektor liegen für Bundesländer bisher jedoch keine Daten vor.

Abbildung 27: Kraftstoffverbrauch aus erneuerbaren Energien 2000-2022 (in TWh)

Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

5

Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch



5 Wärme und gebäuderelevanter Energieverbrauch

Der Energieverbrauch zur Bereitstellung von Wärme in Hessen beziffert sich nach Schätzungen des IE-Leipzig für das Jahr 2022 auf insgesamt 274 Petajoule (PJ). Das sind 25,2 PJ bzw. 8,4 Prozent weniger als im Jahr 2021. Als Gründe für diesen deutlichen Rückgang sind neben der milderen Witterung vor allem Einsparmaßnahmen als Folge des Angriffskrieges von Russland gegen die Ukraine zu nennen. Bezogen auf den gesamten EEV in Höhe von 733 PJ wurde in Hessen im Jahr 2022 mit insgesamt 37,4 Prozent rund ein Drittel zur Bereitstellung von Wärme verbraucht. Dieser hohe Anteilswert verdeutlicht, welche Einsparpotenziale an Energie und damit auch an Treibhausgasemissionen durch Gebäudesanierungsmaßnahmen und insbesondere den Ersatz fossiler durch erneuerbare Heizungstechnologien genutzt werden können.

5.1 Endenergieverbrauch für Wärme

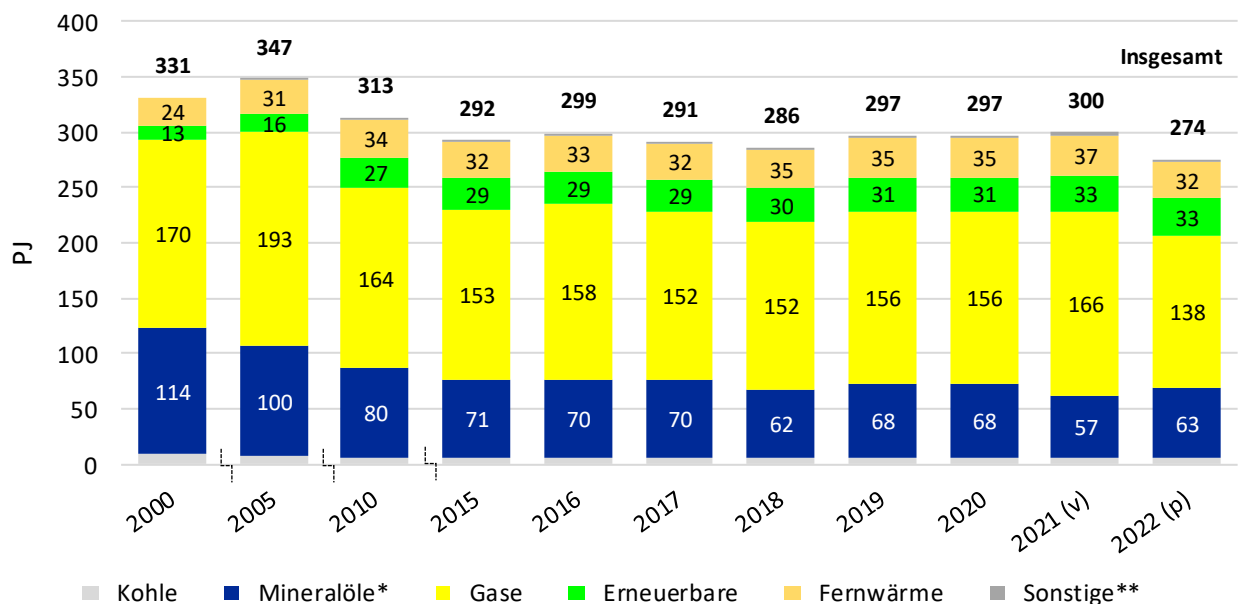
Differenziert nach Energieträgern nahm der EEV für Wärme im Jahr 2022 insbesondere bei Gasen (-27,3 PJ bzw. -16,5 %) und Fernwärme (-4,4 PJ bzw. -11,8 %) ab

(siehe Abbildung 28). Dagegen erhöhte sich der Absatz von Heizöl trotz ebenfalls massiv gestiegener Preise deutlich um 5,9 PJ bzw. 10,3 Prozent. Zurückzuführen ist dies vor allem auf niedrige Lagerbestände aufgrund der Kaufzurückhaltung im Vorjahr sowie die Unsicherheit der weiteren Preisentwicklung. Wobei anzumerken ist, dass statistisch nur die Verkaufsmengen unabhängig vom Zeitpunkt des Verbrauchs erfasst werden.

Ebenfalls zugenommen hat der Verbrauch von erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung (+0,4 PJ bzw. +1,5 %). In geringem Maße kamen zudem noch Kohle und sonstige Energieträger zur Wärmeerzeugung zum Einsatz, wobei der Einsatz von Kohle leicht anstieg (0,1 PJ bzw. +1,6 %) und der Einsatz sonstiger Energieträger in etwa stagnierte.

Um Doppelzählungen zu vermeiden, werden erneuerbare Energien wie auch andere Energieträger, die zur Erzeugung von Fernwärme genutzt werden, in der Kategorie Fernwärme und nicht bei den erneuerbaren bzw. anderen Energieträgern berücksichtigt.

Abbildung 28: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme 2000-2022 (in PJ)



* einschl. Flüssiggas

** sonstige hergestellte Gase, fossile Abfälle usw.

Quelle: Gesamtmenge von HSL 2023a, Aufteilung nach Energieträgern durch IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Abgesehen vom Sondereffekt durch den Russland-Ukraine-Krieg am aktuellen Rand ist in längerfristiger Betrachtung seit dem Jahr 2000 der deutlich abnehmende EEV für Wärme zwischen 2005 und 2011 vor allem auf Rückgänge bei Gasen und Mineralölen zurückzuführen. Bis 2021 bewegte sich der EEV für Wärme mit witterungsbedingten Schwankungen zwischen 286 und 300 PJ. Dabei ist die Zusammensetzung der Energieträger relativ stabil geblieben. Im Jahr 2022 kam es aufgrund der geschilderten Nachfrageentwicklung von Gas und Mineralölen jedoch zu Anteilsverschiebungen bei diesen Energieträgern. So sank der Anteilswert von Gas von 55 Prozent im Jahr 2021 auf 50 Prozent im Jahr 2022 und der Anteilswert von Mineralöl stieg von 19 Prozent im Jahr 2021 auf 23 Prozent im Jahr 2022. Die restlichen Energieträger verteilen sich unverändert wie folgt: Fernwärme 12 Prozent, erneuerbare Energien 12 Prozent, Kohle 2 Prozent und sonstige Energieträger 1 Prozent.

5.2 Gebäuderelevanter Energieverbrauch

Der gebäuderelevante EEV setzt sich aus den Nutzungsarten Raumwärme, Warmwasserbereitung, Raumkühlung und Beleuchtung für die Sektoren Haushalte, GHD und Industrie zusammen.⁹ 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.¹⁰

Nach Berechnungen des IE-Leipzig beträgt der Energieverbrauch in Hessen für die Nutzung von Gebäuden im Jahr 2022 insgesamt 237,5 PJ.¹¹ Dies entspricht 32,4 Prozent des gesamten EEV (siehe Tabelle 1). Dabei entfällt der größte Teil des gebäuderelevanten EEV mit 181,4 PJ auf die Bereitstellung von Raumwärme, was mit 24,8 Prozent einem Viertel des gesamten EEV entspricht. Es folgen Warmwasserbereitung und Beleuchtung mit Anteilswerten von 4,7 bzw. 2,7 Prozent. Mit einem Anteil von 0,3 Prozent hat Raumkühlung nur eine geringe Bedeutung am gesamten EEV.

Differenziert nach Verbrauchssektoren verwenden die privaten Haushalte 158,0 PJ bzw. 85,7 Prozent ihres gesamten EEV für die Nutzung von Gebäuden, im Wesentlichen für Raumwärme (126,2 PJ bzw. 68,4 %) und Warmwasserbereitung (28,6 PJ bzw. 15,5 %).

Im Sektor GHD entfallen mit 70,4 PJ rund zwei Drittel bzw. 65,1 Prozent des gesamten EEV dieses Sektors auf die Gebäudenutzung. Die meiste Energie wird auch hier für Heizzwecke (45,2 %) verwendet, mit 14,2 Prozent entfällt jedoch auch ein signifikanter Anteil auf die Beleuchtung der Gebäude. In der Industrie spielt der gebäuderelevante EEV mit 9,1 Prozent am gesamten EEV hingegen nur eine geringe Rolle.

In Abbildung 29 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, dem höchsten Wert im gesamten betrachteten Zeitraum von 2000 bis 2022 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. Das Jahr 2021 war zudem durch eine kühle Witterung geprägt, was den gebäuderelevanten EEV (+4,7 %) stärker als den gesamten EEV (+2,4 %) ansteigen ließ. Dies kehrte sich im Jahr 2022 aufgrund der mildereren Witterung und verstärkt durch die Einsparbemühungen als Folge der Preissteigerungen für Energie durch den Russland-Ukraine-Krieg um. Dem Anstieg des EEV in Höhe von 3,1 Prozent stand nun eine Abnahme des gebäuderelevanten EEV in Höhe von 6,4 Prozent gegenüber. Der Anteilswert verringerte sich weiter auf 32,4 Prozent, lag aber immer noch deutlich über dem Niveau vor der Corona-Pandemie.

9 Der Unterschied zum EEV für Wärme (siehe Kapitel 5.1) besteht insbesondere in der Nutzungsart Prozesswärme, die für die Industrie von großer Bedeutung ist, aber nicht zum gebäuderelevanten EEV gerechnet wird. Als weiterer Unterschied ist die Kategorie Beleuchtung beim gebäuderelevanten EEV zu nennen, die zu 100 Prozent durch Strom erzeugt wird und daher nicht zum EEV Wärme zählt. Nicht unter gebäuderelevantem EEV berücksichtigt wird (in methodischer Übereinstimmung mit der Monitoringberichterstattung zur Energiewende des Bundes) der Energieverbrauch für IKT-Anwendungen und mechanische Energie.

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

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

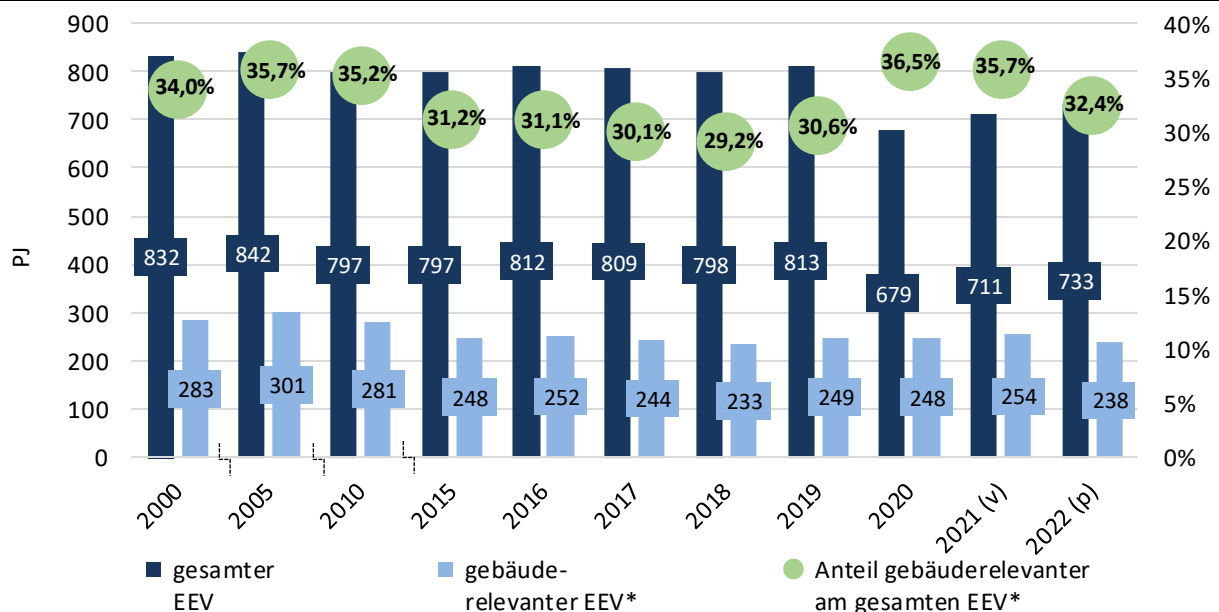
Tabelle 1: Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch in Hessen 2022

Absoluter Verbrauch (in PJ)	Haushalte	GHD	Industrie	Verkehr*	Insgesamt
Gebäuderelevanter EEV	158,0	70,4	9,1	—	237,5
<i>darunter:</i>					
<i>Raumwärme</i>	126,2	48,9	6,3	—	181,4
<i>Warmwasser</i>	28,6	5,0	0,7	—	34,2
<i>Raumkühlung</i>	0,3	1,2	0,7	—	2,3
<i>Beleuchtung</i>	2,9	15,3	1,4	—	19,6
EEV insgesamt	184,4	108,2	99,9	340,1	732,7
Anteil am EEV insgesamt (in %)	Haushalte	GHD	Industrie	Verkehr*	Insgesamt
Gebäuderelevanter EEV	21,6%	9,6%	1,2%	—	32,4%
<i>darunter:</i>					
<i>Raumwärme</i>	17,2%	6,7%	0,9%	—	24,8%
<i>Warmwasser</i>	3,9%	0,7%	0,1%	—	4,7%
<i>Raumkühlung</i>	0,0%	0,2%	0,1%	—	0,3%
<i>Beleuchtung</i>	0,4%	2,1%	0,2%	—	2,7%
EEV insgesamt	25,2%	14,8%	13,6%	46,4%	100,0%
Anteil am sektorspezifischen EEV (in %)	Haushalte	GHD	Industrie	Verkehr*	Insgesamt
Gebäuderelevanter EEV	85,7%	65,1%	9,1%	—	32,4%
<i>darunter:</i>					
<i>Raumwärme</i>	68,4%	45,2%	6,3%	—	24,8%
<i>Warmwasser</i>	15,5%	4,6%	0,7%	—	4,7%
<i>Raumkühlung</i>	0,2%	1,1%	0,7%	—	0,3%
<i>Beleuchtung</i>	1,6%	14,2%	1,4%	—	2,7%
EEV insgesamt	100,0%	100,0%	100,0%	—	100,0%

* — kein gebäuderelevanter Endenergieverbrauch im Verkehrssektor vorhanden

Quelle: IE-Leipzig 2023, vorläufige Daten, Berechnungen der Hessen Agentur.

Abbildung 29: Entwicklung des gebäuderelevanten und des gesamten Endenergieverbrauchs in Hessen 2000-2022 (in PJ, Anteilswerte in %)



* geschätzte Werte

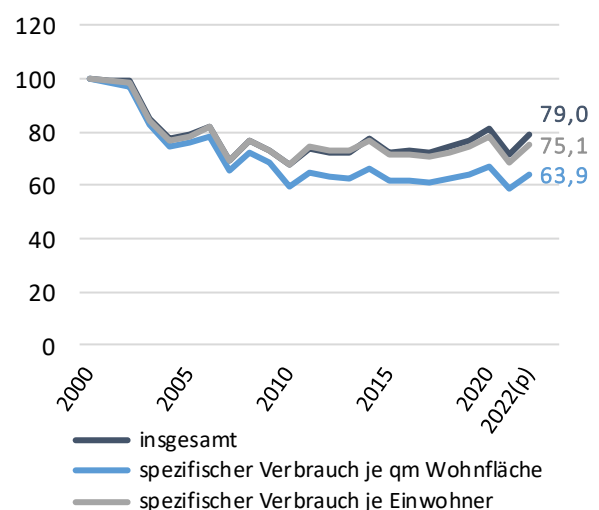
Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023, Berechnungen der Hessen Agentur; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Temperaturbereinigter Energieverbrauch privater Haushalte für Raumwärme und Warmwasser

Abbildung 30 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, wodurch im Vergleich zu den unbereinigten Energieverbrauchswerten der temperaturbereinigte Energieverbrauch für das kühlere Jahr 2021 sinkt bzw. für das etwas mildere Jahr 2022 ansteigt. Entsprechend erhöhte sich der temperaturbereinigte EEV für Raumwärme und Warmwasser am aktuellen Rand um insgesamt 10,8 Prozent. Bezogen auf die Einwohnerzahl (+9,5 %) und die Wohnfläche (+9,1 %) fielen die Zuwächse etwas geringer aus.

In langfristiger Betrachtung haben sich alle drei betrachteten Indikatoren rückläufig entwickelt. Dabei sind die Indexverläufe insgesamt und pro Kopf bis zum Jahr 2015 nahezu identisch. Danach wirken sich die stark gestiegenen Einwohnerzahlen dämpfend auf die Pro-Kopf-Entwicklung aus. Hierbei finden auch die hohen Zuwanderungsgewinne im Jahr 2022, die vor allem auf Flüchtlinge aus der Ukraine zurückzuführen waren, ihren Niederschlag. Der spezifische EEV bezogen auf die Wohnfläche war bis zum Jahr 2012 stärker rückläufig als die beiden anderen Indikatoren. Seither ist nahezu eine Paralleentwicklung zu erkennen.

Abbildung 30: Temperaturbereinigter EEV privater Haushalte für Raumwärme und Warmwasser (Index 2000 = 100)



Quelle: IE-Leipzig 2023, Berechnungen der Hessen Agentur; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

5.3 Modernisierungsdynamik bei Gebäuden

Bei älteren Wohngebäuden mit schlechter Wärmedämmung und oftmals einer veralteten Heizungstechnik bestehen große Potenziale, durch Modernisierungsmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz sowie durch Substitution von fossiler durch erneuerbare Wärmeenergie einen signifikanten Beitrag zum Gelingen der Energiewende zu leisten. Die Hessische Landesregierung hat sich daher bis zum Jahr 2025 eine Verdopplung der energetischen Sanierungsquote von Wohngebäuden in Hessen von 1 auf 2 Prozent und damit auf ca. 27.000 Gebäude pro Jahr zum Ziel gesetzt (Hessische Landesregierung 2018). Dies wird durch eigene Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden unterstützt (siehe dazu in Kapitel 11 insbesondere die Maßnahmen 24 bis 36).

Modernisierung der Wärmeversorgung durch Austausch alter Gas- und Ölfeuerungsanlagen

Ein besonders erfolgversprechender Ansatz zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden besteht in der Stilllegung alter Feuerungsanlagen und deren Ersatz durch moderne Anlagen. Da Hausbesitzer abhängig von der Art der installierten Heizung im ein- bis dreijährigen Turnus eine Abgaswegeüberprüfung durchführen lassen müssen, können auf Grundlage dieser Daten der dabei gewonnenen Ergebnisse Veränderungen in der Heizungsstruktur im Zeitablauf dargestellt werden. Entsprechende für Hessen aggregierte Daten konnten vom Landesinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks Hessen erstmals für das Jahr 2015 bereitgestellt werden (LIV 2016). Im Monitoringbericht 2016 wurde auf dieser Basis generell eine hohe Übereinstimmung der Heizungsstrukturen von Hessen und Deutschland aufgezeigt.

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

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
Altersstruktur (in %)						
2022	3,1%	2,9%	11,7%	38,4%	43,9%	100,0%
Unterschiede zwischen:						
2015 und 2022 (in 1.000)	-10,4	-8,0	-20,8	-37,3	-5,3	-81,8
2015 und 2022 (in %)	-46,2%	-41,6%	-31,5%	-20,2%	-3,0%	-17,5%
2021 und 2022 (in 1.000)	-1,2	-1,0	-3,3	-8,4	-4,3	-18,2
2021 und 2022 (in %)	-8,8%	-7,9%	-6,9%	-5,4%	-2,5%	-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
Altersstruktur (in %)						
2022	0,7%	1,1%	6,2%	33,4%	58,6%	100,0%
Unterschiede zwischen:						
2015 und 2022 (in 1.000)	-4,9	-8,1	-31,7	-89,1	0,4	-133,3
2015 und 2022 (in %)	-61,4%	-62,1%	-52,7%	-36,8%	0,2%	-22,5%
2021 und 2022 (in 1.000)	-0,3	-0,5	-3,2	-12,1	-2,9	-19,0
2021 und 2022 (in %)	-8,5%	-9,8%	-10,0%	-7,3%	-1,1%	-4,0%

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

Im Jahr 2022 belief sich der Heizungsbestand auf insgesamt 385.500 Öl- und 458.300 Gasfeuerungsanlagen (siehe Tabelle 2). Das sind 81.800 Ölfeuerungsanlagen bzw. 17,5 Prozent und 133.300 Gasfeuerungsanlagen bzw. 22,5 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 2022 mit 269 in etwa so hoch wie im Vorjahr (273). Dagegen lag die Zahl der neuen Gasfeuerungsanlagen mit 3.780 deutlich niedriger als im Jahr zuvor (4.385). Insgesamt lag die Zahl der Ölfeuerungsanlagen im Jahr 2022 um 18.200 (-4,5 %) und die Zahl der Gasfeuerungsanlagen um 19.000 Anlagen (-4,0 %) niedriger als ein Jahr zuvor.

Beheizung neu errichteter Wohngebäude und Wohnungen

Im Jahr 2022 wurden in Hessen insgesamt 6.539 Wohngebäude mit zusammen 18.531 Wohnungen fertiggestellt (siehe Tabelle 3). Im Vergleich zum Vorjahr waren dies 266 Wohngebäude (+4,2 %) mehr, aber 647 (-3,4 %) neu errichtete Wohnungen weniger. In 4.230 und damit fast einem Drittel aller neu errichteten Wohngebäude (64,7 %) sind erneuerbare Energien die primäre Energiequelle bei der Beheizung. Dahinter folgen Gasheizungen (20,1 %) und Fernwärme (11,3 %). Ölfeuerungsanlagen wurden hingegen nur noch in 0,6 Prozent aller neu errichteten Wohngebäude als primäre Energiequelle genutzt.

Tabelle 3: Im Jahr 2022 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	41 (0,6%)	72 (0,4%)	2 (0%)	4 (0%)
Gas	1.317 (20,1%)	5.112 (27,6%)	159 (2,4%)	803 (4,3%)
Fernwärme	742 (11,3%)	4.778 (25,8%)	6 (0,1%)	6 (0%)
Erneuerbare Energien	4.230 (64,7%)	7.844 (42,3%)	1.249 (19,1%)	3.647 (19,7%)
Sonstige	208 (3,2%)	724 (3,9%)	1.033 (15,8%)	1.808 (9,8%)
Keine Energie	1 (0%)	1 (0%)	4.090 (62,5%)	12.263 (66,2%)
Summe	6.539 (100%)	18.531 (100%)	6.539 (100%)	18.531 (100%)
B) Erneuerbare Energien				
Umweltwärme**	3.715 (87,8%)	6.363 (81,1%)	139 (11,1%)	524 (14,4%)
Holz	197 (4,7%)	704 (9%)	402 (32,2%)	632 (17,3%)
Geothermie**	218 (5,2%)	502 (6,4%)	28 (2,2%)	113 (3,1%)
Solarenergie	38 (0,9%)	82 (1%)	644 (51,6%)	2.213 (60,7%)
Biogas / Biomethan	7 (0,2%)	55 (0,7%)	18 (1,4%)	30 (0,8%)
Sonstige Biomasse	55 (1,3%)	138 (1,8%)	18 (1,4%)	135 (3,7%)
Summe	4.230 (100%)	7.844 (100%)	1.249 (100%)	3.647 (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 2023c.

Auch bei den neu errichteten Wohnungen entfällt der größte Anteil auf erneuerbare Energien mit 42,3 Prozent, gefolgt von Gasheizungen mit 27,6 Prozent und Fernwärme mit 25,8 Prozent. Innerhalb der erneuerbaren Energien prägen Wasser- und insbesondere Luftwärmepumpen (in der Tabelle unter Umweltwärme zusammengefasst) sowohl bei den Wohngebäuden (87,8 %) als auch bei den Wohnungen (81,1 %) das Bild. Mit deutlichem Abstand folgen Geothermie (5,2 % bzw. 6,4 %) und Holz (4,7 % bzw. 9,0 %) als primäre Energiequellen.

In 37,5 Prozent aller neu errichteten Wohngebäude und rund 33,8 Prozent der Wohnungen wird zusätzlich zur primären Energiequelle noch eine sekundäre Energiequelle zur Wärmeerzeugung eingesetzt. Dabei kommen überwiegend erneuerbare Energien zum Einsatz, vor allem Solarenergieanlagen (Wohngebäude: 51,6 %; Wohnungen: 60,7 %) und Holzheizungen (Wohngebäude: 32,2 %; Wohnungen: 17,3 %).

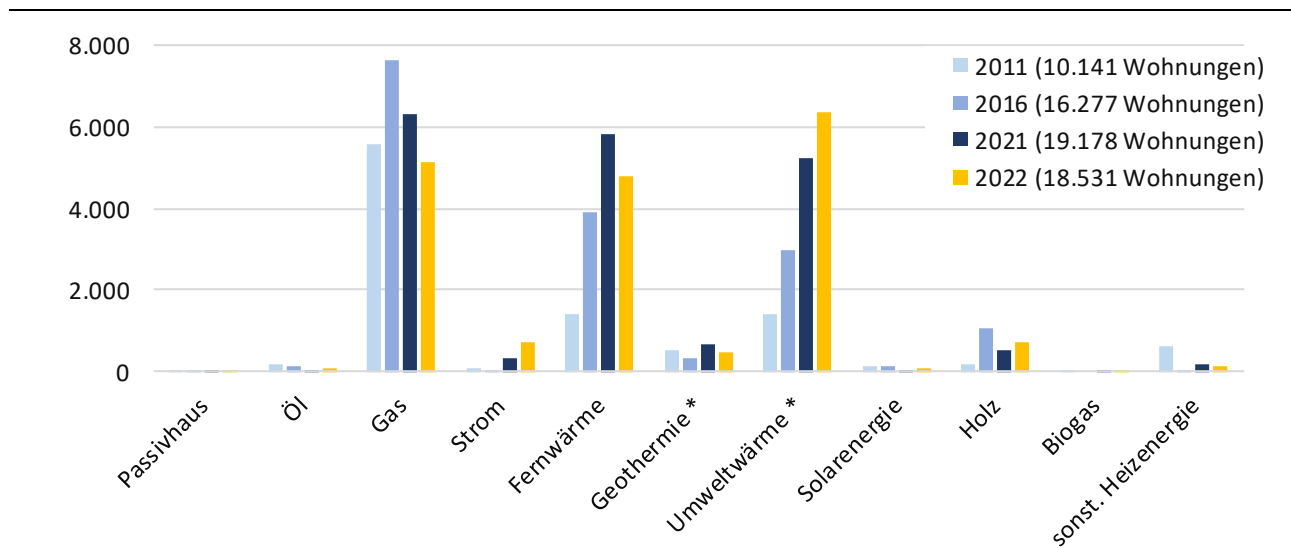
Wie Abbildung 31 zeigt, hat sich seit 2011 die Struktur der in neu fertiggestellten Wohnungen verwendeten primären Energiequellen deutlich verändert. Stark erhöht

hat sich in der letzten Dekade der Einsatz von Umweltwärme und von Fernwärme von jeweils gut 1.400 im Jahr 2011 auf 6.363 Umweltwärmeheizungen und 4.778 Fernwärmeheizungen im Jahr 2022. Entsprechend erhöhten sich deren Anteile an den Gesamtheizungen von jeweils 14,0 Prozent im Jahr 2011 auf 34,3 Prozent für Umweltwärme und 25,8 Prozent für Fernwärme.

Über den gesamten betrachteten Zeitraum haben Wohnungen im Passivhausstandard oder 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 2022 zusammen nur in knapp 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 5.112 Wohnungen, was gut einem Viertel entspricht.

Abbildung 31: Entwicklung fertiggestellter Wohnungen nach zur Heizung verwendeten primären Energiequellen in den Jahren 2011, 2016, 2021 und 2022



* 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, 2022, 2023c.

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 ober-

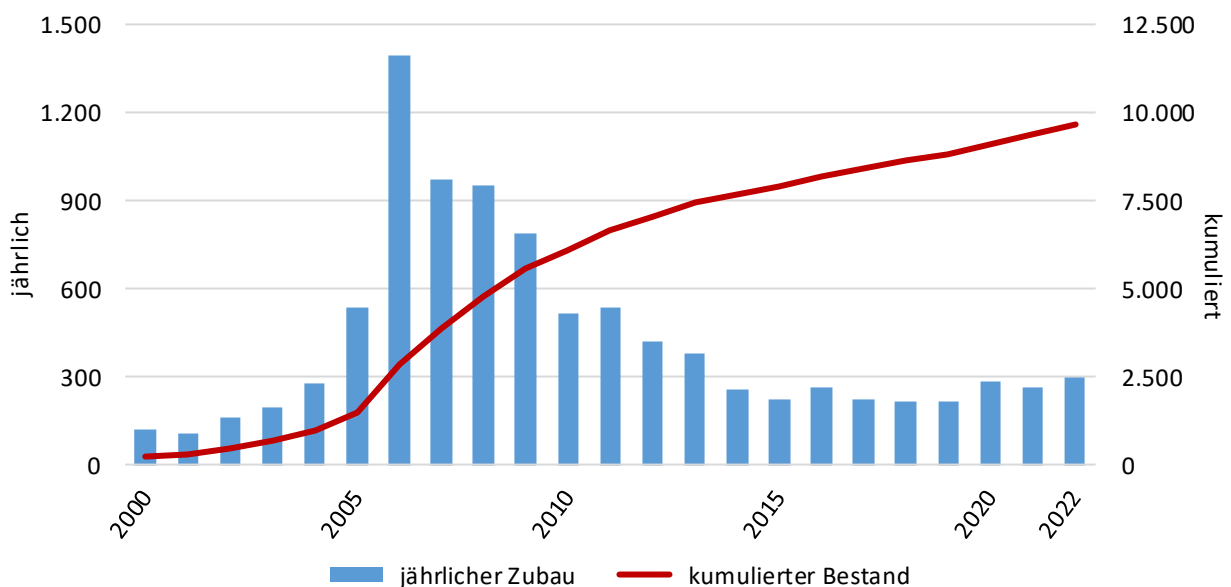
flächennahen Erdwärmesonden-Anlagen (EWS-Anlagen) erfasst. Auf Grundlage dieser Datenbank können die folgenden Entwicklungen seit dem Jahr 2000 dargestellt werden.

Bis Ende 2022 wurden in Hessen insgesamt knapp 9.700 EWS-Anlagen genehmigt und errichtet (siehe Abbildung 32). 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 gewesen 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 225 Anlagen. Seit dem Jahr 2020 ist wieder eine leichte Belebung zu beobachten auf zuletzt 295 Anlagen im Jahr 2022. Dazu dürfte die Förderung durch das BAFA beigetragen haben. Zudem gibt die Hessische Landesregierung verschiedene Impulse, um den Ausbau geothermisch gestützter Anlagen zum Heizen und Kühlen zu beschleunigen (siehe Maßnahmen 60 und 61 in Kapitel 11).

Abbildung 32: Zubau von Erdwärmesonden-Anlagen in Hessen 2000-2022 (jährlich und kumuliert)



Quelle: HLNUG 2023.

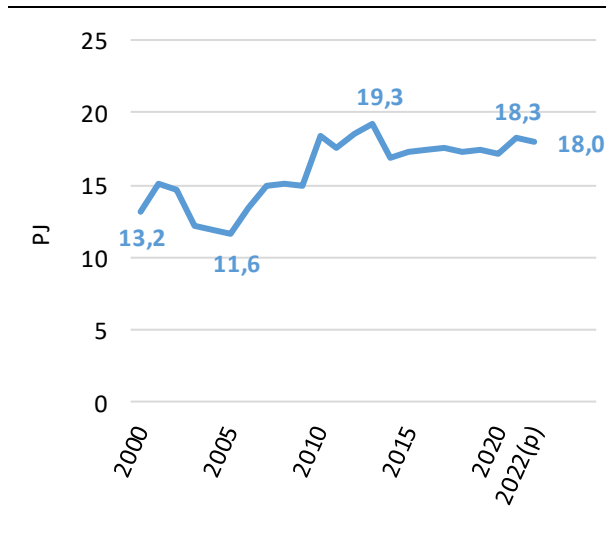
Brennholzverbrauch der privaten Haushalte in Hessen

Der Brennholzverbrauch privater Haushalte wird in der Energiebilanz ausgewiesen und wurde in der im letzten Jahr durchgeführten Revision des Länderarbeitskreises Energiebilanzen rückwirkend neu berechnet. Dadurch kommt es zu Abweichungen von den Darstellungen in früheren Monitoringberichten.

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 dagegen wie z. B. 2014 deutliche Ausschläge

nach unten feststellbar (siehe Abbildung 33). Im vergleichsweise milden Jahr 2022 wird der Brennholzverbrauch der privaten Haushalte in Hessen auf insgesamt rund 18,0 PJ geschätzt. Dies waren 0,2 PJ bzw. 1,3 Prozent weniger als im Vorjahr. In langfristiger Betrachtung ist der Verbrauch tendenziell angestiegen und hat sich seit dem Jahr 2000 um 36,4 Prozent erhöht.

Abbildung 33: Brennholzverbrauch der privaten Haushalte 2000-2022 (in PJ)



Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

5.4 Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor

Die Hessische Landesregierung hat zahlreiche Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor auf den Weg gebracht, wie z. B. die Förderung der energetisch optimierten Modernisierung von Gebäuden zum Passivhaus oder die Förderung der Energieeffizienz im Mietwohnungsbau (siehe Kapitel 11). Auf Bundesebene werden zudem für den Neubau sowie für die Modernisierung von Bestandsgebäuden Förderprogramme vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) angeboten.

Zum 1. Januar wurden frühere Programme zur Förderung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien im Gebäudebereich zur Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG) zusammengefasst, um die Förderlandschaft übersichtlicher zu gestalten. Die BEG löste insbesondere das bisherige Marktanzreizprogramm (MAP) der Bundesregierung ab. Beim BAFA erfolgte die Umstellung unmittelbar zum 1. Januar 2021, bei der KfW erst zum 1. Juli 2021.

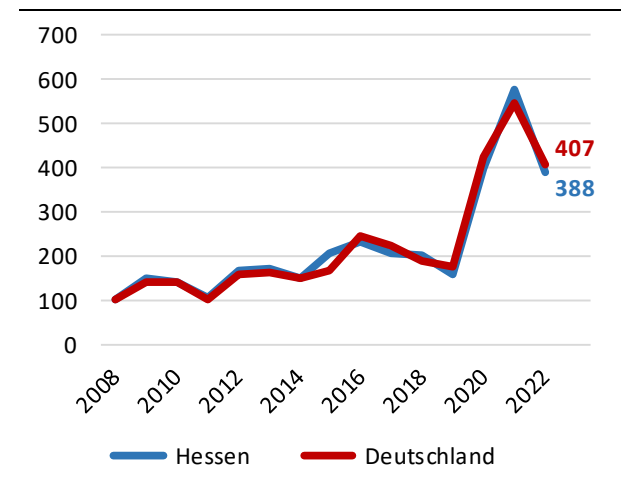
Neubau- und Sanierungsförderung der KfW

Im Jahr 2022 hat die KfW den Neubau und die Modernisierung von Gebäuden in Deutschland mit insgesamt rund 25,8 Mrd. Euro gefördert, knapp 1,7 Mrd. Euro bzw. 6,6 Prozent davon entfielen auf Hessen. Da das

Vorjahr durch die Umstellung auf die BEG zur Jahresmitte ein Ausnahmejahr darstellt, in dem das Fördervolumen u. a. aufgrund von Vorzieheffekten angestiegen war, trat nun ein gewisser Normalisierungseffekt ein. So gingen die Fördervolumina sowohl in Deutschland (-25,3 %) als auch in Hessen (-32,4 %) massiv zurück, in etwa auf das Niveau des Jahres 2020 vor der Förderumstellung. Der stärkere Rückgang in Hessen dürfte vor allem darauf zurückzuführen sein, dass das Fördervolumen im Jahr 2021 in Hessen stärker angestiegen ist als im Bundesdurchschnitt (siehe Abbildung 34).

Trotz des sprunghaften Rückgangs hat sich in längerfristiger Betrachtung seit 2008 die Nachfrage nach Fördermitteln zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland und Hessen in etwa vervierfacht. Dabei sind die Entwicklungen in Deutschland und Hessen über den gesamten Zeitraum sehr ähnlich verlaufen. In Wellenbewegungen hat sich das Fördervolumen bis zum Jahr 2019 annähernd verdoppelt und ist im Jahr 2020 sprunghaft auf den Indexwert 400 angestiegen, der auch im Jahr 2022 – nach der Sonderentwicklung 2021 – wieder erreicht wurde.

Abbildung 34: Entwicklung des Fördervolumens der KfW für Neubau und Gebäudesanierung, Hessen und Deutschland 2008-2022 (Index 2008 = 100)



Quelle: KfW 2023.

Differenziert nach einzelnen Förderprogrammen verteilen sich die im Jahr 2022 für Hessen insgesamt bereitgestellten KfW-Fördermittel zur Verbesserung der Energieeffizienz in Höhe von 1.693 Mio. Euro auf 936 Mio. Euro (55,3 %) für BEG-Zuschüsse und 754 Mio. Euro (44,5 %) für BEG-Kredite.

Darüber hinaus wurden noch 3 Mio. Euro an Zuschüssen für Sanierungsmaßnahmen aus älteren Förderzusagen ausgezahlt (siehe Tabelle 4). Die BEG-Kredite verteilten

sich überwiegend auf Kredite für Effizienzhäuser mit 721 Mio. Euro. Dem stand ein Kreditvolumen für Effizienzmaßnahmen in Höhe von 33 Mio. Euro gegenüber. Ein entsprechendes Bild zeigt sich auch bei der Zusammensetzung der Anzahl der Förderfälle und der Anzahl der geförderten Wohneinheiten.

Tabelle 4: Bau- und Sanierungsförderung der KfW in Hessen 2022

	Anzahl der Zusagen	Mio. Euro	Geförderte Wohneinheiten
BEG: Wohngebäude	6.287	1.690	36.667
Kredit Effizienzhaus	1.210	721	9.361
Kredit Einzelmaßnahme	342	33	1.016
Zuschuss	4.735	936	26.290
Sanieren	169	3	212
Insgesamt	6.456	1.693	36.879

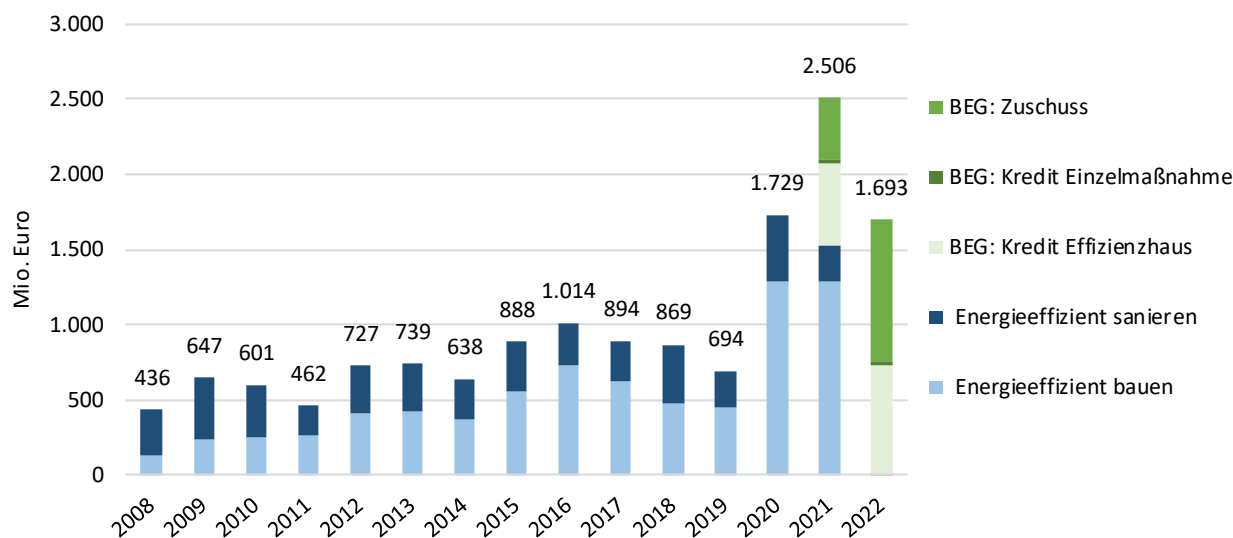
Quelle: KfW 2023.

Im Jahr 2022 hat die KfW in Hessen insgesamt 6.456 Zusagen zur Bau- und Sanierungsförderung von Wohngebäuden in Hessen erteilt und dadurch 36.879 Wohneinheiten gefördert. Im Schnitt erhielt jede im Jahr 2022 geförderte Wohneinheit rund 46.000 Euro an Zuschüssen oder zinsvergünstigten Krediten. Das war deutlich weniger als im Vorjahr (65.300 Euro), aber etwas mehr als im Jahr 2020 (42.800 Euro).

Abbildung 35 zeigt die Entwicklung des Fördervolumens der KfW zur Steigerung der Energieeffizienz seit 2008. Sowohl der zunächst zu beobachtende Anstieg des Fördervolumens bis zum Höchststand von über 1 Mrd. Euro im Jahr 2016 als auch der anschließende Rückgang bis 2019 sowie der deutliche Wiederanstieg im Jahr 2020 wurde überwiegend durch das Förderprogramm „Energieeffizient bauen“ geprägt.

Der 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.

Abbildung 35: KfW-Förderung zur Steigerung der Energieeffizienz in Hessen 2008-2022 (in Mio. Euro)



Quelle: KfW 2023.

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

Das bis zum Jahresende 2020 gelaufene Marktanzreizprogramm (MAP) zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt und die es ersetzende Bundesförderung für

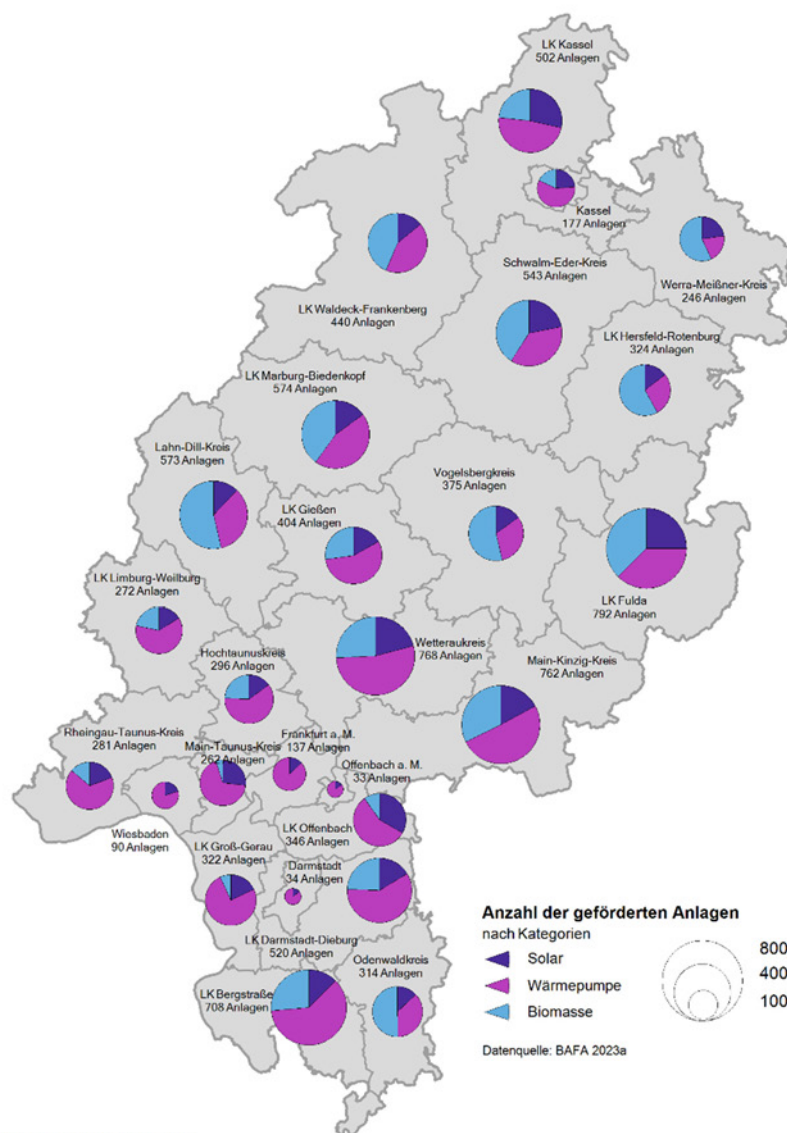
effiziente Gebäude (BEG) zielen in erster Linie auf die Förderung der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in bereits bestehenden Gebäuden ab (BAFA 2020).

Vom BAFA wurden im Jahr 2022 insgesamt rund 10.100 Anlagen in Hessen noch durch das MAP bzw. neu durch

die BEG gefördert. Bei 50 Prozent aller geförderten Anlagen handelt es sich um Wärmepumpen, gefolgt von Biomasseanlagen (32 %) und Solarthermieanlagen (18 %). Im Jahr 2022 erfolgte ein Leistungszubau durch die Förderung von Biomasseheizungen in Höhe von 86,0 MW und von Wärmepumpen in Höhe von 21,3 MW. Zudem wurde eine Fläche von 23.800 Quadratmetern an Solarthermieanlagen zugebaut.

In Abbildung 36 ist die regionale Verteilung der Anlagen dargestellt. In den kreisfreien Städten wurden vergleichsweise wenige Anlagen gefördert. Biomasseanlagen werden mit Holz betrieben und konzentrieren sich stärker auf vor allem ländlich geprägte Landkreise.

Abbildung 36: Im Rahmen des MAP und der BEG durch das BAFA im Jahr 2022 geförderte Anlagen zur Wärmeerzeugung in Hessen



6

Anlagen der erneuerbaren und konventionellen Energieerzeugung



6 Anlagen der erneuerbaren und konventionellen Energieerzeugung

Der Ausbau der erneuerbaren Energieanlagen geht in Hessen voran. Im Jahr 2022 wurden netto 427 MW zugebaut und die installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen erhöhte sich auf rund 5,8 GW. Das entspricht gegenüber dem Vorjahr einem Zuwachs in Höhe von 8 Prozent. Rund die Hälfte des in Hessen erzeugten Stroms konnte im Jahr 2022 erneuerbar

produziert werden (siehe Abbildung 14 in Kapitel 3.3). Im Folgenden werden zunächst die erneuerbaren Energieanlagen nach dem EEG detailliert betrachtet. Darüber hinaus wird in diesem Kapitel eine Übersicht über die konventionellen Energieanlagen sowie über die Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, die gleichzeitig Strom und Nutzwärme erzeugen, gegeben.

Informationen zur Datenquelle

Erneuerbare Energieanlagen werden in diesem Kapitel mit Anlagen gleichgesetzt, die nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert werden (im Folgenden: EEG-Anlagen). Dadurch wird ein kleiner Teil erneuerbarer Energieanlagen außer Acht gelassen – und zwar solche, die nicht nach EEG gefördert werden. Dies betrifft Müllheizkraftwerke, die Strom aus dem biogenen Anteil des Abfalls erzeugen, sowie zu einem kleinen Teil 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 2021 (ÜNB 2022). Darüber hinaus wurde das Marktstammdatenregister (BNetzA 2023a) herangezogen. Als eine weitere Datenquelle für Windenergieanlagen wird das Länderinformationssystem für Anlagen (LIS-A 2023) hinzugezogen. Da zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses die EEG-Jahresabrechnung für das Jahr 2022 noch nicht vorlag, wird eine Schätzung des IE-Leipzig (2023) zu den eingespeisten Strommengen im Jahr 2022 herangezogen.

Bei der Prüfung der Anlagenstammdaten der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB 2022) sind Abweichungen, vor allem in Hinblick auf den Energieträger Windenergie, aufgefallen. In einigen Fällen werden ganze Windparks aggregiert ausgewiesen oder es wird als Standort der Netzanschlusspunkt und nicht der tatsächliche Standort der Anlage genannt. Derartige Anlagen werden in diesem Bericht nach dem Territorialprinzip, d. h. nach dem geografischen Standort der Stromerzeugung berücksichtigt. Die ermittelten Daten weichen daher von den Ergebnissen der amtlichen Energiestatistik bzw. Energiebilanz ab. Entscheidend für die Erfassung der eingespeisten Mengen ist in der amtlichen Statistik nicht der tatsächliche Standort, sondern der Einspeisepunkt. Konkret handelt es sich um vier hessische Windparks mit 50 Anlagen und einer installierten elektrischen Leistung von 126 MW, die außerhalb Hessens einspeisen und daher in den ÜNB-Daten nicht dem Bundesland Hessen zugeordnet sind. Diese Windparks werden in diesem Bericht gemäß Territorialprinzip dem Bundesland Hessen zugeordnet.

Die Bundesnetzagentur hat am 31. Januar 2019 das Webportal zum Marktstammdatenregister (MaStR) unter www.marktstammdatenregister.de freigeschaltet und damit die bestehenden Register abgelöst (BNetzA 2023a). Derzeit ist das Marktstammdatenregister noch mit Datenfehlern und -unschärfen behaftet, z. B. aufgrund von Fehleintragen durch die Anlagenbetreiber. Die Prüfung der Anlagenbetreiberangaben durch die Netzbetreiber schreitet jedoch immer mehr voran, sodass sich die Qualität des Marktstammdatenregisters sukzessive verbessert. Auch die Vollständigkeit des Registers verbessert sich zusehends, ist aber noch nicht erreicht.

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

Für das Gelingen der Energiewende in Hessen ist der Ausbau von erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten essenziell. Denn um Klimaneutralität zu erreichen, müssen die in Hessen vorhandenen fossilen Kapazitäten, die Strom größtenteils mit Kohle oder Erdgas erzeugen, zwangsläufig durch erneuerbare Energieanlagen substituiert werden. Da im Rahmen der Energiewende im Verkehrsbereich (Elektromobilität) und im Wärmebereich (Wärmepumpen) eine verstärkte Kopplung an den Strombereich stattfindet, ist neben dem reinen Ersetzen der konventionellen Stromproduktion auch der weitere Aufbau von erneuerbaren Erzeugungskapazitäten notwendig. Um dieses Ziel zu erreichen, ist in Hessen ein massiver Zubau vor allem von Windenergieanlagen und Photovoltaikanlagen notwendig. Diese beiden Energieträger spielen in Hessen eine tragende Rolle.

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 175.000 erneuerbare Energieanlagen sind über ganz Hessen verteilt und speisen an sehr vielen Stellen Strom in die Netze ein; dies natürlich in geringerer Menge als bei konventionellen Großkraftwerken.

Eine weitere Herausforderung betrifft den Aspekt der Versorgungssicherheit und der Verfügbarkeit der Energieträger. Während man bei konventionellen Energieanlagen zumindest bis Februar 2022 annehmen konnte, dass die benötigten Energieträger jederzeit und witterungsunabhängig zur Verfügung stehen, ist dies bei den wichtigen 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 die Nutzung von flexiblen Verbrauchern.

Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen nach dem EEG

Zum Jahresende 2022 waren in Hessen insgesamt 176.836 erneuerbare Energieanlagen in Betrieb. Diese Anlagen hatten eine installierte elektrische Leistung von 5.771,8 MW (siehe Tabelle 5 sowie Informationen zur Datenquelle). Im Vergleich zum Vorjahr stieg die installierte elektrische Leistung um 8,0 Prozent an. Dies bedeutet einen stärkeren Zuwachs als im Vorjahr, in dem der Leistungsanstieg bei 5,9 Prozent lag.

Tabelle 5: Anzahl und installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2022 in Hessen nach Energieträgern

Energieträger	Anlagenzahl	Installierte Leistung (in MW)	Anteil installierte Leistung
Biomasse*	512	290,1	5,0%
Photovoltaik	174.663	3.043,5	52,7%
Wasserkraft	493	64,2	1,1%
Windenergie	1.168	2.373,9	41,1%
Summe	176.836	5.771,8	100,0%

* inklusive Deponie- und Klärgas

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

Quelle: ÜNB 2022, BNetzA 2023a, LIS-A 2023, Bereinigungen der Hessen Agentur.

Zum Ende des Jahres 2022 waren rund 174.700 Photovoltaikanlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung in Höhe von 3.043,5 MW installiert. Damit entfällt mit einem Anteil von 52,7 Prozent mehr als die Hälfte der von erneuerbaren Energieanlagen vorgehaltenen elektrischen Leistung auf den Energieträger Photovoltaik. Bei den meisten dieser Anlagen handelt es sich um typische Anlagen, die auf Hausdächern montiert sind. Darüber hinaus gibt es in Hessen aber auch größere Freiflächenanlagen. Auf diesen Anlagentypus entfiel zum Jahresende 2022 eine installierte elektrische Leistung von 492,8 MW. Das entspricht einem Anteil von 16 Prozent bezogen auf die installierte elektrische Leistung von Photovoltaikanlagen insgesamt.

Mit Blick auf die installierte elektrische Leistung hat der Energieträger Windenergie mit 2.373,9 MW bzw. einem Anteil von 41,1 Prozent die zweitgrößte Bedeutung in Hessen. Zum Jahresende 2022 waren insgesamt 1.168 Windenergieanlagen in Betrieb. In dieser Zahl sind auch 25 Kleinwindanlagen mit einer nur geringen elektrischen Leistung (meist < 100 kW) enthalten. Im Gegensatz zu

den normalen Windenergieanlagen unterliegen Kleinwindanlagen aufgrund ihrer geringen Höhe nicht der Genehmigungspflicht nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG).

Neben Photovoltaik und Windenergie wird in Hessen auch Strom aus den Energieträgern Biomasse und Wasserkraft erzeugt. Bezüglich der installierten elektrischen Leistung spielen diese Energieträger mit Anteilen von 5,0 Prozent bzw. 1,1 Prozent aber nur eine untergeordnete Rolle. In Hessen waren zum Jahresende 2022 insgesamt 512 Biomasseanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von 290,1 MW in Betrieb. Größtenteils wird Biogas als Brennstoff in den Biomasseanlagen eingesetzt. Es sind aber auch Deponie- und Klärgasanlagen unter dem Energieträger Biomasse subsumiert. Die 493 Wasserkraftanlagen kommen zusammen auf eine installierte elektrische Leistung von 64,2 MW. In den meisten Fällen handelt es sich um Wasserkraftanlagen mit sehr kleinen Turbinen. Daneben gibt es neun größere Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von mindestens 1 MW.

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

In Hessen konnten im Jahr 2022 mehr als 26.000 erneuerbare Energieanlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von 446,8 MW neu in Betrieb genommen werden. Der Netto-Zubau beläuft sich auf 427,3 MW. Der Netto-Zubau wird berechnet, indem von den neu in Betrieb genommenen Anlagen die stillgelegten Anlagen abgezogen werden. Bei der installierten elektrischen Leistung muss zusätzlich noch die Leistungsänderung von Bestandsanlagen berücksichtigt werden. Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Anzahl der Anlagen im Zeitverlauf von 2018 bis zum ersten Halbjahr 2023. Tabelle 7 bezieht sich auf die installierte elektrische Leistung. Es sind jeweils die Inbetriebnahmen, die Stilllegungen sowie die Leistungsänderungen dargestellt. Als Summe wird auch der Netto-Zubau ausgewiesen.

Tabelle 6: Neu in Betrieb genommene und stillgelegte erneuerbare Energieanlagen in Hessen sowie Netto-Zubau 2018 bis 1. Halbjahr 2023 (Anzahl)

Energieträger	Kategorie	2018	2019	2020	2021	2022	1. Halbjahr 2023
Biomasse*	Inbetriebnahme	+9	+7	+4	+7	+9	+3
	Stilllegung	-2	-1	-7	-6	-7	-2
	Netto-Zubau	+7	+6	-3	+1	+2	+1
Photovoltaik	Inbetriebnahme	+4.860	+6.547	+11.250	+15.327	+26.318	+31.897
	Stilllegung	-	-6	-29	-71	-134	-107
	Netto-Zubau	+4.860	+6.541	+11.221	+15.256	+26.184	+31.790
Wasserkraft	Inbetriebnahme	+5	+6	+3	+2	+3	-
	Stilllegung	-	-	-	-1	-	-
	Netto-Zubau	+5	+6	+3	+1	+3	0
Windenergie	Inbetriebnahme	+76	+4	+28	+19	+15	+21
	Stilllegung	-7	-4	-2	-6	-7	-
	Netto-Zubau	+69	0	+26	+13	+8	+21
Gesamt	Inbetriebnahme	+4.950	+6.564	+11.285	+15.355	+26.345	+31.921
	Stilllegung	-9	-11	-38	-84	-148	-109
	Netto-Zubau	+4.941	+6.553	+11.247	+15.271	+26.197	+31.812

* inklusive Klär- und Deponiegas

Quelle: ÜNB 2022, BNetzA 2023a, LIS-A 2023, 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 2018 bis 1. Halbjahr 2023 (in MW)

Energieträger	Kategorie	2018	2019	2020	2021	2022	1. Halbjahr 2023
Biomasse*	Inbetriebnahme	+0,4	+3,5	+2,5	+0,4	+2,0	+1,1
	Stilllegung	-1,3	-0,3	-6,2	-7,5	-12,6	-0,5
	Leistungsänderung	+8,5	+10,0	+9,6	+2,9	+0,5	-
	Netto-Zubau	+7,6	+13,2	+5,8	-4,2	-10,0	+0,6
Photovoltaik	Inbetriebnahme	+113,6	+156,2	+211,5	+244,4	+381,3	+283,4
	Stilllegung	-	-0,03	-0,7	-0,8	-0,8	-0,5
	Leistungsänderung	-	-	-	-	-	-
	Netto-Zubau	+113,6	+156,1	+210,8	+243,6	+380,5	+282,9
Wasserkraft	Inbetriebnahme	+0,3	+0,2	+0,1	+0,02	+0,7	-
	Stilllegung	-	-	-	-0,01	-	-
	Leistungsänderung	+0,02	+0,2	-	-	-	-
	Netto-Zubau	+0,3	+0,4	+0,1	+0,01	+0,7	0,0
Windenergie	Inbetriebnahme	+232,0	+13,8	+88,7	+61,7	+62,8	+89,2
	Stilllegung	-5,8	-1,8	-2,0	-3,4	-6,6	-
	Leistungsänderung	-	-	-	-	-	-
	Netto-Zubau	+226,2	+12,0	+86,7	+58,3	+56,2	+89,2
Gesamt	Inbetriebnahme	+346,3	+173,7	+302,7	+306,6	+446,8	+373,7
	Stilllegung	-7,1	-2,1	-8,9	-11,7	-19,9	-1,1
	Leistungsänderung	+8,5	+10,2	+9,6	+2,9	+0,5	0,0
	Netto-Zubau	+347,7	+181,8	+303,4	+297,7	+427,3	+372,7

* inklusive Klär- und Deponiegas

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: ÜNB 2022, BNetzA 2023a, LIS-A 2023, Zusammenstellung und Berechnungen der Hessen Agentur.

Für das Jahr 2022 zeigt sich im Vergleich mit den Vorjahren ein besonders hoher Netto-Zubau. Dieser liegt mit 427 MW erstmals über der Marke von 400 MW. Während im Jahr 2018 mit 348 MW relativ viel Leistung hinzukam, ist der Netto-Zubau im Jahr 2019 auf 182 MW abgesunken. In den Jahren 2020 und 2021 wurden Netto-Zubauwerte in Höhe von 303 MW bzw. 298 MW erzielt. Im ersten Halbjahr 2023 wurden netto bereits 373 MW zugebaut. Daher ist davon auszugehen, dass im Jahr 2023 die Ausbauwerte von 2022 nochmals deutlich übertroffen werden.

Bei näherer Betrachtung des Ausbaugeschehens nach Energieträgern sticht der Energieträger Photovoltaik deutlich hervor. Dort ist die Entwicklung am dynamischsten. Während im Jahr 2018 noch 114 MW an Photovoltaikanlagen neu in Betrieb genommen wurden, erhöhten sich die Inbetriebnahmen sukzessive auf 156 MW im Jahr 2019, 212 MW im Jahr 2020, 244 MW im Jahr 2021 auf schließlich 381 MW im Jahr 2022. Im ersten Halbjahr 2023 wurden bereits 283 MW neu zugebaut. Besonders erwähnenswert ist der deutliche Sprung bei den Inbetriebnahmen zwischen dem Jahr 2021 und dem Jahr 2022. Im Jahr 2022 fallen die Inbetriebnahmen um

56 Prozent höher aus als noch im Vorjahr. Insgesamt entfielen im Jahr 2022 85 Prozent der neu zugebauten Leistung auf den Energieträger Photovoltaik. Stilllegungen haben eine nur geringe Bedeutung. Dennoch ist festzustellen, dass sich die Zahl der stillgelegten Photovoltaikanlagen im Betrachtungszeitraum erhöht. Im Jahr 2022 wurden 134 Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von 0,8 MW außer Betrieb genommen.

Im Gegensatz zur Photovoltaik ist bei der Windenergie im Betrachtungszeitraum bis zum Jahr 2022 kein so dynamischer Zubau zu beobachten. Im Gegenteil: Während im Jahr 2018 noch 76 Anlagen mit einer Leistung von 232 MW neu in Betrieb genommen wurden, sind die Inbetriebnahmen im Jahr 2019 auf nur 4 Anlagen mit 14 MW abgestürzt. Im Jahr 2020 kam es zu einer Erholung und es konnten wieder 28 Anlagen bzw. 89 MW realisiert werden. In den Jahren 2021 und 2022 zeigten sich sehr ähnliche Werte bei der neu in Betrieb genommenen Leistung von 62 MW (19 Anlagen) bzw. 63 MW (15 Anlagen). Für das Jahr 2023 ist wieder mit einem wesentlich stärkeren Zubaugeschehen zu rechnen. Im ersten Halbjahr 2023 konnten bereits 21 Anlagen (darunter zwei Kleinwindanlagen) mit einer elektrischen Leistung von

89 MW realisiert werden. Das ist bereits mehr als im gesamten Jahr 2022. Der Blick auf die Genehmigungszahlen (siehe Tabelle 9) lassen erwarten, dass im Jahr 2023 weitere Anlagen hinzukommen und der positive Trend auch im Jahr 2024 anhält.

Im Gegensatz zur Photovoltaik fallen bei der Windenergie die Stilllegungen mehr ins Gewicht. Im Jahr 2022 wurden Anlagen mit einer Leistung von 6,6 MW stillgelegt. Wird dieser Wert mit den 62,8 MW an neu in Betrieb genommener Leistung verrechnet, ergibt sich ein Netto-Zubau von 56,2 MW. Die Stilllegungen der Vorjahre belaufen sich auf 5,8 MW im Jahr 2018, auf 1,8 MW bzw. 2,0 MW in Jahren 2019 und 2020 und 3,4 MW im Jahr 2021.

Das im Jahr 2019 drastisch eingebrochene Zubaugeschehen bei Windenergieanlagen und auch die vergleichsweise niedrigen Leistungszuwächse in den Jahren 2020 bis 2022 ist nicht allein in Hessen zu beobachten, sondern betrifft Gesamtdeutschland. Als Grund dafür können die Folgen des im Jahr 2017 eingeführten Ausschreibungsverfahrens genannt werden. Darüber hinaus sind insbesondere die zahlreichen Klagen und die damit einhergehende hohe Auslastung der Verwaltungsgerichte zu nennen. Zu beachten ist zudem, dass Anlagentypen, die geplant und genehmigt sind, aufgrund der klagebedingten Verzögerung unter Umständen nicht mehr auf dem Markt verfügbar sind und deshalb nicht mehr realisiert werden können.

Um den Ausbau der Windenergie zu beschleunigen, wurde im Sommer 2022 auf Bundesebene ein neues Gesetzespaket geschnürt. So erhalten die einzelnen Bundesländer nun verbindliche Flächenziele für die Ausweisung von Windenergie. Die Vorgabe für Hessen lautet 1,8 Prozent der Landesfläche bis Ende des Jahres 2027 und 2,2 Prozent der Landesfläche bis Ende des Jahres 2032. Hessen hat sein Ziel für 2027 bereits jetzt erreicht (siehe Abschnitt zu den Windvorranggebieten auf S. 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 Windenergieanland-Strategie veröffentlicht (BMWK 2023j). 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 Windenergie-Ausbau 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 wird sich vorrangig Verfahren und deren zügigen Bearbeitung widmen, die den Windenergieausbau betreffen. 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 10 Stellen neu zugewiesen. In den Jahren 2023 und 2024 sind weitere 11 Stellen im Haushalt eingeplant. Zusätzlich wurden Prozesse in den Regierungspräsidien optimiert. Fachübergreifende Windenergie-Projektgruppen sollen zur beschleunigten Bearbeitung von Genehmigungsverfahren beitragen (RP Darmstadt 2023).

Beim Energieträger Biomasse kommen nur noch vereinzelt neue Anlagen hinzu. Im Jahr 2022 wurden 2 MW neu in Betrieb genommen. Die Werte der Vorjahre liegen im Bereich zwischen 0,4 MW und 3,5 MW. Es ist festzustellen, dass es bei Biomasseanlagen nun verstärkt zu Stilllegungen kommt. Während im Jahr 2018 nur 1,3 MW und im Jahr 2019 nur 0,3 MW stillgelegt wurden, erhöhte sich dieser Wert im Jahr 2020 auf 7,5 MW und im Jahr 2022 auf 12,6 MW. Darüber hinaus ist erwähnenswert, dass weniger Leistungsänderungen zu beobachten sind. Eine Biomasseanlage verfügt häufig über mehrere Generatoren bzw. Stromerzeugungseinheiten. Um eine typische Leistungsänderung handelt es sich, wenn ein Generator durch einen leistungsstärkeren getauscht wird. 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 einer geringere Gesamtleistung verfügt. In den Jahren 2018 bis 2020 konnte eine Erhöhung durch Leistungsänderung von 8,5 MW, 10,0 MW bzw. 9,6 MW erreicht werden. Im Jahr 2021 fällt dieser Wert auf 2,9 MW ab. Im Jahr 2022 ist nur noch eine Leistungserhöhung

von 0,5 MW zu beobachten. Für das erste Halbjahr 2023 ist eine Inbetriebnahme in Höhe von 1,1 MW, Stilllegungen in Höhe von 0,5 MW zu verzeichnen. Leistungsänderungen haben nicht stattgefunden. Der Netto-Zubau für das erste Halbjahr 2023 beläuft sich somit auf 0,6 MW.

Beim Energieträger Wasserkraft zeigt sich ein konstanter Bestand und es ist nur wenig Bewegung bei den Inbetriebnahmen oder Stilllegungen erkennbar. Die neu in Betrieb genommene Leistung lag in den Jahren 2018 bis 2022 zum Teil deutlich unterhalb von 1 MW. Stilllegungen waren – außer eine Reduktion von 0,01 MW im Jahr 2021 – nicht zu beobachten. Auch Leistungsänderungen von Bestandsanlagen spielen bei der Wasserkraft kaum eine Rolle. Hier sind lediglich im Jahr 2018 und 2019 geringe Werte festzustellen. Entsprechend summiert sich der Netto-Zubau auf 0,3 MW im Jahr 2018, 0,4 MW im Jahr 2019, 0,1 MW im Jahr 2020, 0,01 MW im Jahr 2021 und 0,7 MW im Jahr 2022. Im ersten Halbjahr 2023 ist weder eine neue Wasserkraftanlage hinzugekommen noch wurde eine stillgelegt.

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, Volumen auszuschreiben, 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.

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

Ausschreibungsrunde	Anzahl Gebote	Gebotsmenge (in MW)	Anzahl Zuschläge	Zuschlagsmenge (in MW)
2015	8	17,0	4	7,2
2016	0	0,0	0	0,0
2017	5	21,6	1	2,9
2018	2	8,9	1	4,5
2019	44	188,0	13	47,3
2020	39	172,2	11	49,6
2021	29	87,3	14	34,7
2022	22	87,7	21	87,0
2023*	18	82,7	18	82,7
Summe	167	665,4	83	315,9

* beinhaltet Ausschreibungsrunden bis März 2023

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: BNetzA 2023l, 2023m, 2023n.

Seit Beginn der Ausschreibungen im Jahr 2015 bis März 2023 haben 43 Ausschreibungsrunden stattgefunden. Insgesamt haben sich 167 Photovoltaikprojekte aus Hessen mit einer Gesamtleistung von 665 MW beteiligt (siehe Tabelle 8). Einen Zuschlag haben 83 Projekte mit einer Leistung von 316 MW bekommen und damit in etwa die Hälfte der teilgenommen habenden Projektvorhaben. Hier muss allerdings erwähnt werden, dass eine erneute Teilnahme am Ausschreibungsverfahren möglich ist, wenn kein Zuschlag erfolgte.

Bei den 167 Projekten, die sich an den Ausschreibungsverfahren beteiligt haben, handelte es sich bei 59 Projekten mit einer Leistung von 195 MW um Photovoltaikanlagen auf benachteiligten Gebieten. Davon wurden 22 Projekte mit einer Leistung von 112 MW bezuschlagt.¹²

12 Durch die hessische Freiflächenanlagenverordnung wird seit dem 30. November 2018 der Bau von Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf benachteiligten Gebieten ermöglicht. Vor Inkrafttreten der Verordnung waren die entsprechenden Anlagen nur entlang von Autobahnen und Schienenstrecken sowie auf Konversionsflächen erlaubt. Benachteiligte Gebiete sind Flächen, auf denen landwirtschaftliche Produktion nur erschwert möglich ist oder die nur bedingt ertragreich sind. Eine interaktive Karte der landwirtschaftlich benachteiligten Gebiete in Hessen findet sich auf:

<https://hessen.carto.com/u/landesplanunghessen/builder/91a99f62-bdf8-4bc7-9653-af2d280ef88c/embed?cookies=0>.

Genehmigungen von Windenergieanlagen

Zur Errichtung einer Windenergieanlage wird eine Genehmigung nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) benötigt. Ausgenommen hiervon sind lediglich Kleinwindanlagen mit einer Gesamthöhe von weniger als 50 Metern. Für die Genehmigungen nach BImSchG sind die Regierungspräsidien in Hessen zuständig. Sobald eine Anlage genehmigt oder ein Genehmigungsverfahren eröffnet wurde, werden diese Informationen im Länderinformationssystem für Anlagen (LIS-A 2023) 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 19. Juli 2023) liegen bis zum ersten Halbjahr 2023 insgesamt für 69 Anlagen Genehmigungsbescheide mit einer geplanten elektrischen Leistung von 330,8 MW vor, bei denen keine Klagen anhängig sind. Die Zahl der geplanten Windenergieanlagen, die das Genehmigungsverfahren durchlaufen, liegt bei 323 Anlagen mit einer geplanten Leistung von 1.781 MW. Darüber hinaus gibt es noch 113 beklagte Windenergieanlagen. Bei 55 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 177 MW wird der bestehende Ablehnungsbescheid beklagt und bei 58 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 272 MW der bestehende Genehmigungsbescheid (LIS-A 2023).

In Tabelle 9 ist die Zahl der Genehmigungen von Windenergieanlagen für die Jahre 2020 bis zum ersten Halbjahr 2023 dargestellt. Im Jahr 2020 wurden 15 Windenergieanlagen genehmigt. Im Jahr 2021 stieg die Zahl der Genehmigungen deutlich an. Es wurden 45 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 190,6 MW genehmigt. Im Jahr 2022 stieg die Genehmigungszahl erneut auf 50 Anlagen mit einer Leistung von 266,4 MW. Im ersten Halbjahr 2023 wurden bislang 16 Anlagen mit einer Leistung von 85,9 MW genehmigt, was wieder auf einen etwas schwächeren Genehmigungsstand für das Gesamtjahr 2023 hindeutet.

In Tabelle 9 ist auch dargestellt, wie viele der jeweils genehmigten Anlagen zum Stichtag 19. Juli 2023 beklagt waren und wie viele Anlagen in Betrieb sind. Mit Blick auf das Jahr 2022 zeigt sich, dass 19 der 50 Anlagen beklagt sind. Von den im ersten Halbjahr 2023 genehmigten 16 Windenergieanlagen sind 2 beklagt.

Tabelle 9: Jährliche Genehmigungen von Windenergieanlagen in Hessen 2020 bis zum 1. Halbjahr 2023

	2020	2021	2022	1. HJ 2023
Genehmigte Anlagen	15	45	50	16
Genehmigte Leistung (in MW)	72,0	190,8	266,4	85,9
darunter:				
beklagte Anlagen*	8	9	19	2
beklagte Leistung*	42,6	39,9	106,3	12,0
Anlagen in Betrieb*	5	17	0	0
Leistung in Betrieb*	21,0	72,4	0,0	0,0

* zum Stichtag 19. Juli 2023

Quelle: LIS-A 2023.

Bei den im Jahr 2022 genehmigten Anlagen dauerte es im Durchschnitt 14,8 Monate zwischen vollständigem Vorliegen der Antragsunterlagen und Datum der Genehmigungserteilung. Die durchschnittliche Dauer zwischen Ersteinreichung der Antragsunterlagen und Genehmigung lag bei 28,3 Monaten. Damit konnte die Genehmigungsdauer im Vergleich zu den Vorjahren deutlich reduziert werden. So dauerte es ab Vollständigkeit der Unterlagen im Jahr 2021 noch 27,4 Monate. Es ist jedoch zu beachten, dass die sehr hohe durchschnittliche Verfahrensdauer im Jahr 2021 auf einige wenige spezielle Verfahren zurückzuführen ist. So dauerte u. a. das Genehmigungsverfahren für den Windpark Gaishecke (insgesamt zehn Windenergieanlagen in Heringen, Wildeck und Friedewald) länger als fünf Jahre (HMUKLV 2023).

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.

Das seit dem Jahr 2017 existierende Ausschreibungsverfahren bezweckt die Ermittlung der finanziellen Förderung von Windenergieanlagen im Rahmen der EEG-Vergütung auf Basis von marktwirtschaftlichen Prinzipien. Hierfür wird ein festgelegtes Ausbauvolumen von der BNetzA ausgeschrieben. Projektierer von Windenergieanlagen können sich mit geplanten Projekten unter Angabe einer benötigten EEG-Vergütung darauf bewerben. Es erhalten diejenigen Projekte einen Zuschlag, die den niedrigsten EEG-Vergütungssatz angegeben haben.

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

Jahr	Anzahl Gebote	Gebotsmenge (in MW)	Anzahl Zuschläge	Zuschlagsmenge (in MW)
2017	43	534,0	11	166,0
2018	18	189,0	18	189,0
2019	11	68,0	11	68,0
2020	6	80,8	5	72,4
2021	16	206,5	15	172,0
2022	13	223,3	13	144,0
2023*	2	24,1	2	24,1
Summe	109	1.325,7	75	832,5

* beinhaltet Ausschreibungsrunden bis Mai 2023
Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: BNetzA 2023d.

In den insgesamt 29 Runden seit dem Beginn des Ausschreibungsverfahrens im Jahr 2017 bis zum Ende des ersten Halbjahres 2023 haben in Summe 109 hessische Projekte mit einer Gebotsmenge von 1.325,7 MW teilgenommen (siehe Tabelle 10). Bezuschlagt wurden 75 hessische Projekte mit einer elektrischen Leistung von 832,5 MW. Deutschlandweit wurden beim Ausschreibungsverfahren für Windenergie an Land Gebote in Höhe von 25.653 MW eingereicht. Davon wurden 19.179 MW bezuschlagt.

Von den 66 hessischen Projekten, die seit 2018 teilgenommen haben, wurden nur zwei Projekte nicht berücksichtigt. Alle anderen Projekte haben einen Zuschlag erhalten. Die niedrige Zuschlagsquote im Jahr 2017 ist darauf zurückzuführen, dass Projekte von Bürgerenergiegesellschaften nach damaliger Gesetzeslage auch ohne Durchlaufen des Genehmigungsverfahrens am Ausschreibungsverfahren teilnehmen durften.

Die Folge war, dass durch diese Regelung eine Vielzahl von Projekten einen Zuschlag erhalten hat, deren Realisierung noch ungewiss war. 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. Das kommt einem Anteil an der Regionsfläche von 2,2 Prozent (RP Gießen 2016/2020) nahe. In der Region Südhessen sind 122 Windvorranggebiete mit 11.175 Hektar festgelegt. Der Anteil der als Windvorranggebiet festgelegten Regionsfläche beläuft sich 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.

Im Jahr 2022 hat der Bundesgesetzgeber (WindBG 2022) mit Wirkung zum 01.02.2023 entsprechende 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 Windenergie zur Verfügung stehen. Das entspricht ca. 46.500 Hektar. In Hessen müssen daher in den kommenden 10 Jahren weitere 6.500 Hektar als Windvorranggebiete vorgesehen werden.

Abbildung 37 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 meiste 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.

Bei Verschneidung der Standorte des Windenergieanlagenbestands mit der Lage der Windvorranggebiete zeigt sich, dass mit 274 Windvorranggebieten noch knapp zwei Drittel der Flächen gänzlich unbelegt sind (LIS-A 2023). Bei Aufsummierung der Flächen dieser noch nicht durch Windenergieanlagen belegten Windvorranggebiete ergeben sich rund 22.500 Hektar, die für die Errichtung von Windenergieanlagen zur Verfügung stehen. Darüber hinaus gibt es aber noch zahlreiche Windvorranggebiete, die zum Teil nur gering belegt sind und noch Platz für neue Windenergieanlagen bieten.

Erzeugte und eingespeiste Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen nach dem EEG

Im Jahr 2022 wurden von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen 8.271 GWh Strom produziert und eingespeist (siehe Tabelle 11).¹³ Grundlage für diese Zahl ist eine Schätzung des IE-Leipzig auf Basis des Anlagenbestands der EEG-Anlagen zum Jahresende 2022. Die Schätzung wurde durchgeführt, da zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses noch keine Daten zur Stromproduktion im Jahr 2022 für Hessen vorlagen. Gegenüber dem Vorjahr, das von schlechten Witterungsbedingungen und daher von einer geringen erneuerbaren Stromerzeugung betroffen war, ist die Stromeinspeisung nun wieder deutlich angestiegen. Mit Blick auf Gesamtdeutschland ist die Stromerzeugung durch erneuerbare Energien von 234 TWh im Jahr 2021 auf 254 TWh im Jahr 2022 um 8,5 Prozent angestiegen und liegt damit leicht über dem Niveau des Jahres 2020 mit 251 TWh (AGEE-Stat 2023).

Tabelle 11: Schätzung der eingespeisten Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen nach Energieträgern 2022 (in GWh)

Energieträger	Strommenge	Anteil (in %)
Biomasse*	1.320,4	16,0%
Photovoltaik	2.374,7	28,7%
Wasserkraft	139,2	1,7%
Windenergie	4.437,0	53,6%
Summe	8.271,3	100,0%

nachrichtlich:

Photovoltaik 348,5

Selbstverbrauch

* Biomasse inklusive Klär- und Deponiegas

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

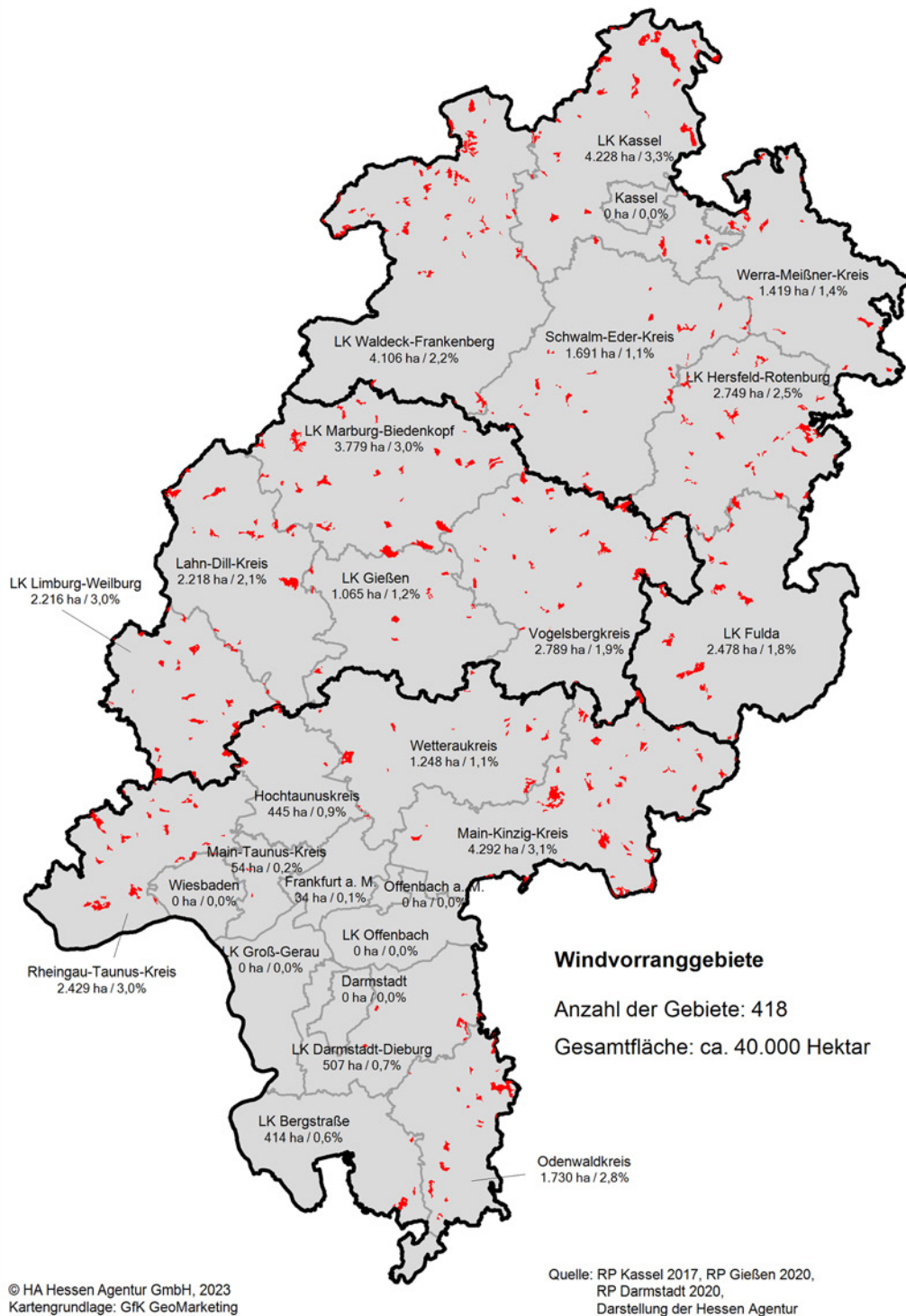
Quelle: IE-Leipzig 2023.

Bei Betrachtung der Stromeinspeisung nach Energieträgern wird deutlich, dass die Windenergie mit einer eingespeisten Strommenge von 4.437 GWh und einem Anteil an der eingespeisten Strommenge insgesamt von 54 Prozent die größte Bedeutung hat. An zweiter Stelle folgt der Energieträger Photovoltaik mit einer Strommenge von 2.375 GWh und einem Anteil von 29 Prozent. Der Energieträger Biomasse kommt auf eine Stromeinspeisung von 1.320 GWh. Das entspricht einem Anteil von 16 Prozent. Schließlich wurden durch den Energieträger Wasserkraft 139 GWh Strom produziert und eingespeist. Der Anteil von Wasserkraft an der Stromeinspeisung insgesamt liegt bei rund 2 Prozent.

Werden die energieträgerspezifischen Anteile der Stromeinspeisung den entsprechenden Anteilen bei der installierten elektrischen Leistung gegenübergestellt, fällt auf, dass diese stark voneinander abweichen. Während beim Energieträger Photovoltaik der Anteil bei der installierten elektrischen Leistung bei rund 53 Prozent liegt, beträgt der entsprechende Anteil bei der Stromeinspeisung nur 29 Prozent. Umgekehrt verhält es sich beim Energieträger Windenergie. 41 Prozent bei der installierten elektrischen Leistung stehen einem Anteil von 54 Prozent bei der eingespeisten Strommenge gegenüber.

¹³ 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.

Abbildung 37: Windvorranggebiete in Hessen



Pro installiertem Megawatt Leistung wird also je nach Energieträger eine unterschiedlich hohe Strommenge erzielt. Über die Jahresvolllaststunden kann dieser Sachverhalt normiert veranschaulicht werden. Die Jahresvolllaststunden werden berechnet, indem der Jahresstromertrag durch die installierte elektrische Leistung der Anlagen dividiert wird. Es handelt sich also um die Zahl der Stunden, die anfallen würden, um den Jahresstromertrag unter Ausschöpfung der maximalen Leistung zu erreichen. Im Jahr 2022 betragen die Jahresvolllaststunden beim Energieträger Windenergie in Hessen 2.167 Stunden. Photovoltaik kam – bezogen auf die Stromeinspeisung – auf 780 Volllaststunden. Der Energieträger Wasserkraft erzielte 1.869 Volllaststunden, die Biomasseanlagen weisen einen Höchstwert mit 4.553 Volllaststunden auf. Insbesondere bei den Energieträgern Windenergie und Photovoltaik 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 (siehe ÜNB 2022), sind alle vergütungsrelevanten Informationen zu den erzeugten Strommengen enthalten. Entsprechend beinhalten die EEG-Daten auch Angaben zum Selbstverbrauch von Photovoltaikanlagen, aber eben nur für den vergütungsrelevanten Selbstverbrauch. Dies trifft für Anlagen zu, die im Zeitraum zwischen Januar 2009 und März 2012 in Betrieb gegangen sind und Anspruch auf eine Vergütung für selbstverbrauchten Strom besitzen. Diese Regelung gilt für später in Betrieb genommene Anlagen nicht mehr. Nur die selbstverbrauchten Strommengen von Anlagen, die ab dem 1. August 2014 neu hinzugekommen sind und eine elektrische Leistung von mindestens 10 kW aufweisen, werden in den EEG-Daten ebenfalls noch erfasst. Grund ist, dass diese Anlagen EEG-umlagepflichtig sind und die selbstverbrauchte Strommenge deshalb vergütungsrelevant ist. Für alle anderen Photovoltaikanlagen, also für Anlagen mit Inbetriebnahmedatum nach März 2012 und einer Leistung von weniger als 10 kW, ist die tatsächlich produzierte und selbst verbrauchte Strommenge unbekannt. Hierbei handelt es sich überwiegend um Anlagen von privaten Haushalten.

Die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik hat deshalb eine Methode entwickelt, um den nicht erfassten Selbstverbrauch von Photovoltaikanlagen abschätzen zu können (AGEE-Stat 2016).¹⁴ Auf Basis dieser Methode hat das IE-Leipzig die selbst verbrauchte Strommenge von Photovoltaikanlagen für das Jahr 2022 berechnet. Demnach kommt auf die eingespeiste Strommenge von 2.374,7 GWh noch ein Selbstverbrauch in Höhe von 348,5 GWh hinzu (siehe Tabelle 11). In Summe liegt die Stromproduktion der Photovoltaikanlagen damit bei 2.723,2 GWh. Die Jahresvolllaststunden erhöhen sich auf 895 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 zum Beispiel nachts verbraucht werden kann, wenn keine Stromerzeugung durch Sonnenenergie möglich ist. Im Jahr 2022 wurden deutschlandweit insgesamt 207.876 neu in Betrieb genommene Stromspeichereinheiten im Marktstammdatenregister erfasst. In Hessen wurden in dem Zeitraum laut den Angaben im Marktstammdatenregister 12.562 neue Stromspeicher registriert. Damit wurde der Zubau des Vorjahres in Hessen um 56 Prozent und deutschlandweit um 50 Prozent übertroffen (BNetzA 2023a).

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

Konventionelle Energieanlagen sind häufig in dicht besiedelten Regionen angesiedelt, also dort, wo viel Strom verbraucht wird. Ganz anders verhält es sich bei den erneuerbaren Energieanlagen. Diese sind in großer Zahl in ganz Hessen vorhanden. Dennoch lassen sich regionale Schwerpunkte erkennen. Im Gegensatz zu den konventionellen Energieanlagen kommt es bei den erneuerbaren Energieanlagen zu einer Verschiebung vom städtischen Raum in den ländlichen Raum. Dies liegt daran, dass ländliche Räume insbesondere in Hinblick auf die Wind-

¹⁴ 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.

energie über wesentlich geeignetere Rahmenbedingungen verfügen. Dies betreffen die Windhöflichkeit, die vorhandenen Siedlungsstrukturen und die naturräumliche Ausstattung.

Die Verteilung der installierten elektrischen Leistung nach Landkreisen und kreisfreien Städten wird in Abbildung 38 und Abbildung 39 dargestellt. Abbildung 38 bietet eine kartografische Darstellung der Informationen, während in Abbildung 39 die installierte elektrische Leistung größensortiert präsentiert wird, um einen besseren Vergleich zu ermöglichen.

Der Vogelsbergkreis behält weiterhin seine Spitzenposition als Landkreis mit der höchsten installierten elektrischen Leistung an erneuerbaren Energieanlagen. Zum Ende des Jahres 2022 betrug die Gesamtleistung in diesem Landkreis 653 MW, wobei mit 453 MW der Großteil davon (69 %) auf Windenergie entfällt. Auf den folgenden Plätzen mit einigem Abstand liegen der Main-Kinzig-Kreis mit 498 MW, der Landkreis Waldeck-Frankenberg mit 468 MW und der Landkreis Kassel mit 464 MW. Der Landkreis Marburg-Biedenkopf verzeichnete eine installierte elektrische Leistung von 409 MW, während der Schwalm-Eder-Kreis eine Leistung von 357 MW, der Landkreis Fulda eine Leistung von 305 MW und der Landkreis Hersfeld-Rotenburg eine Leistung von 301 MW erreichte.

In Abbildung 38 wird deutlich, dass der Energieträger Windenergie überwiegend in ländlich geprägten Landkreisen vorkommt und dort auch die installierte elektrische Leistung besonders hoch ist. Demgegenüber fällt die installierte elektrische Leistung in den dicht besiedelten kreisfreien Städten wesentlich geringer aus und die erneuerbare Stromerzeugung erfolgt hauptsächlich über Photovoltaikanlagen oder Biomasseanlagen.

Analog zu Abbildung 38 und Abbildung 39 zeigen Abbildung 40 und Abbildung 41 die im Jahr 2022 geschätzte eingespeiste Strommenge von erneuerbaren Energieanlagen nach Landkreisen und kreisfreien Städten in Hessen.

Wie bei der installierten elektrischen Leistung ist auch bei der eingespeisten Strommenge der Vogelsbergkreis führend. Im Jahr 2022 wurden in diesem Landkreis insgesamt 1.029 GWh Strom von erneuerbaren Energieanlagen produziert und eingespeist. Auf den folgenden Plätzen liegen der Landkreis Waldeck-Frankenberg mit einer Einspeisung von 706 GWh, der Landkreis Kassel mit 689 GWh, der Main-Kinzig-Kreis mit 688 GWh und der Landkreis Marburg-Biedenkopf mit 635 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 38: Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2022 in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach Energieträgern (in MW)

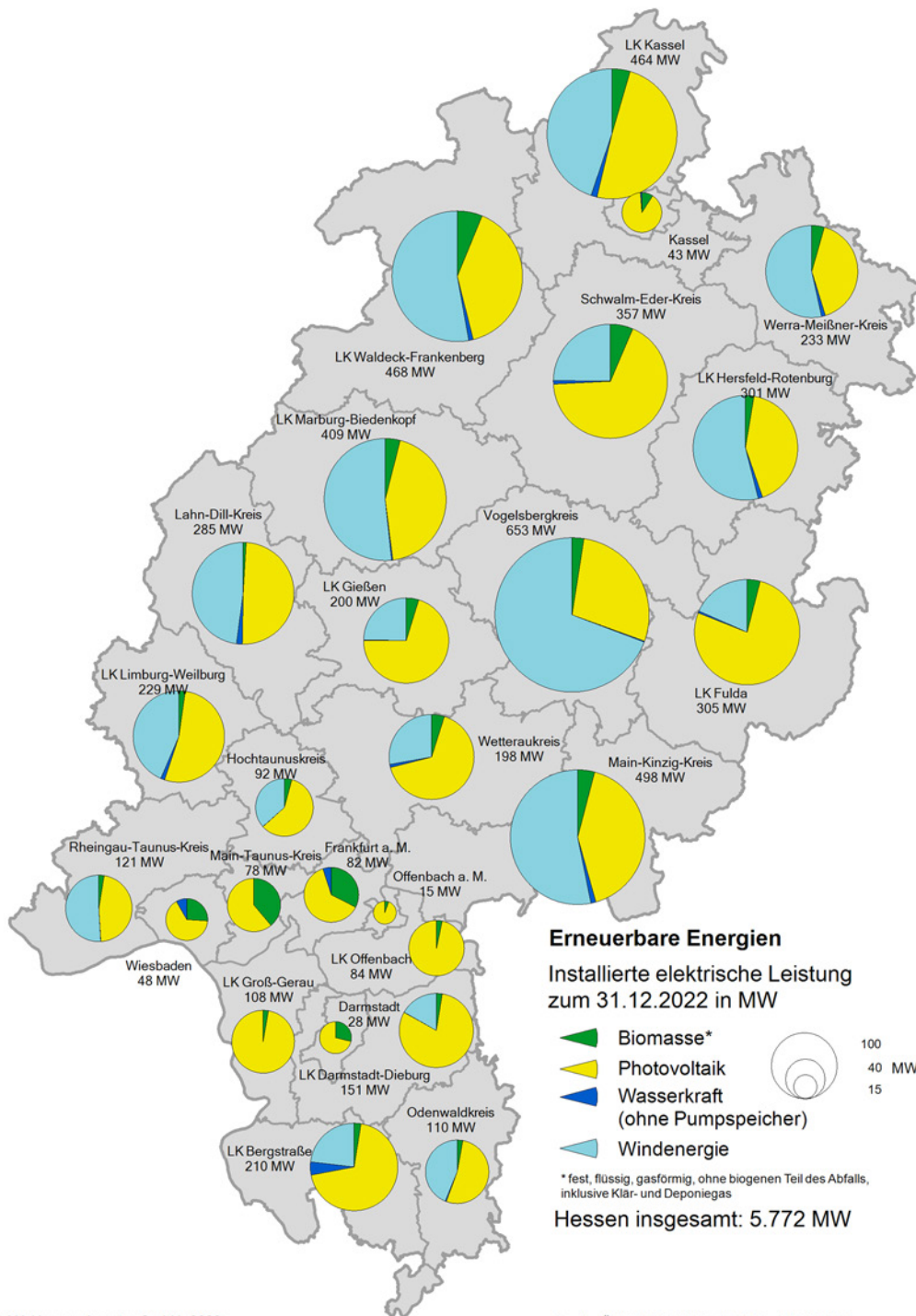
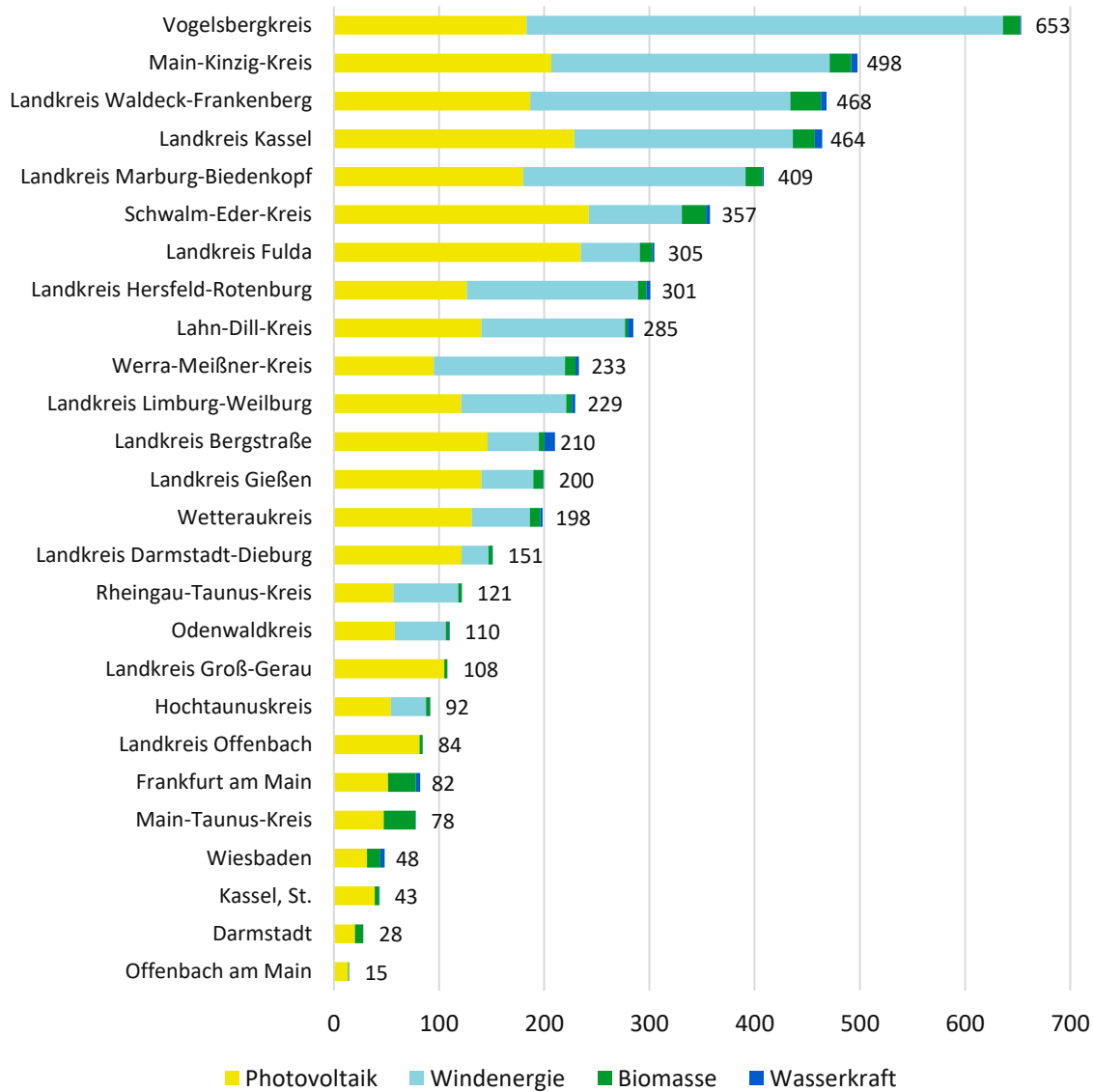


Abbildung 39: Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten am 31.12.2022 nach erneuerbaren Energieträgern (in MW)



Quelle: ÜNB 2022, BNetzA 2023a, LIS-A 2023, Zusammenstellung und Berechnungen der Hessen Agentur.

Abbildung 40: Erzeugte und eingespeiste Strommenge von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach Energieträgern 2022 (in GWh)

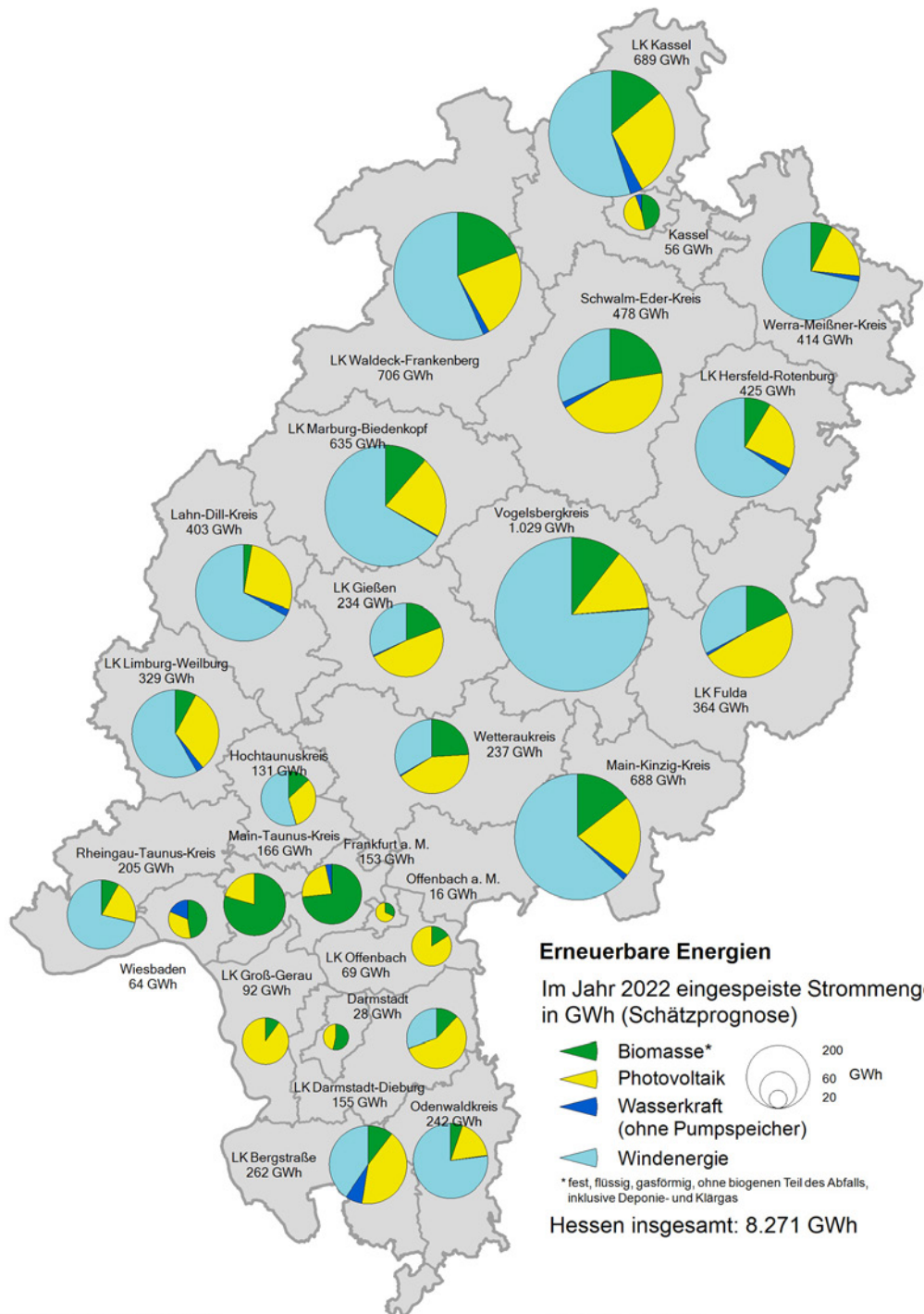
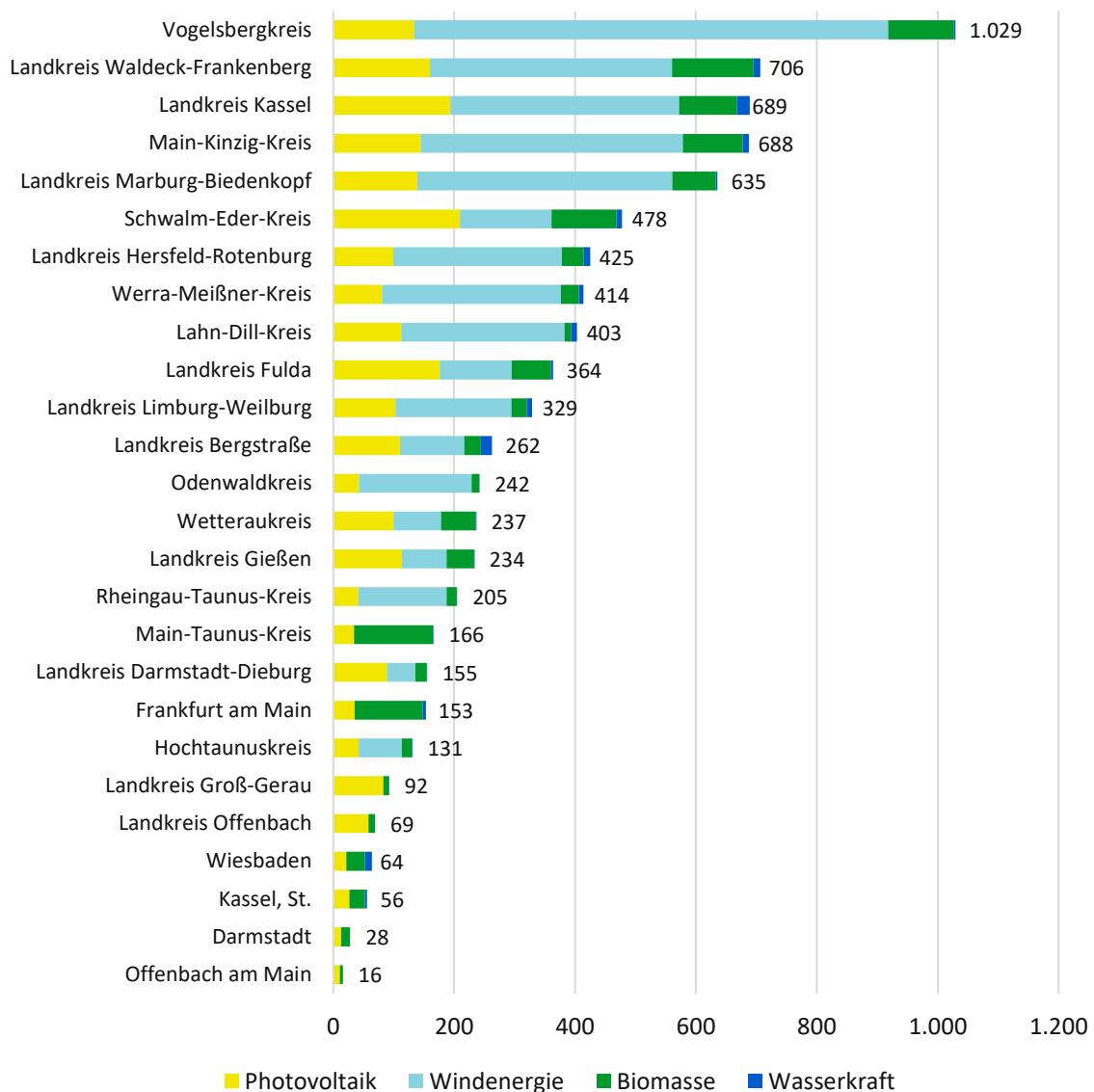


Abbildung 41: Erzeugte und eingespeiste Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten im Jahr 2022 nach erneuerbaren Energieträgern (in GWh)



Quelle: IE-Leipzig 2023.

In Tabelle 12 sind die fünf Landkreise aufgeführt, die den größten Anstieg der installierten elektrischen Leistung aus erneuerbaren Energiequellen verzeichnen. Im Jahr 2022 hatte der Vogelsbergkreis den höchsten Zuwachs an erneuerbaren Energien. Gegenüber dem Vorjahr hat sich die installierte elektrische Leistung im Jahr 2022 um 60,7 MW erhöht. Dieser Anstieg ist ausschließlich auf den Zubau von Photovoltaikanlagen zurückzuführen. Namentlich ist die Photovoltaik-Freiflächenanlage mit dem Namen „Lauterbach 2“ zu nennen, die über eine installierte elektrische Leistung von 34,7 MW verfügt. Aber auch die Freiflächenanlagen mit den Namen Lauterbach 1.1. und Lauterbach 1.2 mit jeweils rund 10 MW installierter elektrischer Leistung sind im Jahr 2022 hinzugekommen. Darüber hinaus hat im Jahr 2022 eine Photovoltaik-Freiflächenanlage mit einer Leistung von 2,5 MW in Gemünden (Felda) den Betrieb aufgenommen.

Weitere Landkreise mit einem hohen Zubau von erneuerbaren Energieanlagen sind der Landkreis Marburg-Biedenkopf (+40,8 MW), der Main-Kinzig-Kreis (+36,1 MW), der Landkreis Gießen (+32,8 MW) sowie der Landkreis Hersfeld-Rotenburg (+26,9 MW).

Tabelle 12: Die fünf Landkreise mit dem größten Ausbau elektrischer Leistung von erneuerbaren Energieanlagen 2022

Rang	Landkreis	Netto-Zubau 2022 (in MW)
1	Vogelsbergkreis	60,7
2	Landkreis Marburg-Biedenkopf	40,8
3	Main-Kinzig-Kreis	36,1
4	Landkreis Gießen	32,8
5	Landkreis Hersfeld-Rotenburg	26,9

Quelle: BNetzA 2023a, LIS-A 2023, Auswertung der Hessen Agentur.

6.2 Konventionelle Energieanlagen zur Stromerzeugung

Die konventionellen Energieanlagen in Hessen haben im Jahr 2022 mehr als 9,5 TWh Strom erzeugt.¹⁵ Nachdem die Stromproduktion von konventionellen Energieanlagen in den Jahren 2016 bis 2020 deutlich gesunken ist, gab es im Jahr 2021 im Vergleich zum Vorjahr einen Anstieg um 10 Prozent. Im Jahr 2022 kam es erneut zu einer Erhöhung der konventionellen Stromerzeugung um 16 Prozent im Vorjahresvergleich (siehe hierzu auch Abbildung 14 in Kapitel 3.3). Dies ist vor allem auf den vermehrten Einsatz von Kohle zurückzuführen. Hier gab es im Jahr 2022 einen Anstieg um 52 Prozent, was auf die Auswirkungen des Russland-Ukraine-Krieges zurückzuführen sein dürfte. Trotz des deutlichen Anstiegs der konventionellen Stromerzeugung ist der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung – aufgrund eines ebenfalls starken Anstiegs (+15 %) – nur um einen Prozentpunkt auf 49 Prozent zurückgegangen, d. h. knapp die Hälfte des in Hessen erzeugten Stroms wurde im Jahr 2022 auf Basis erneuerbarer Energien produziert.

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 88 Stromerzeugungseinheiten wie Generatoren und Turbinen an 32 Kraftwerksstandorten verzeichnet.

Die Gesamtsumme der installierten elektrischen Leistung der Großkraftwerke in Hessen beläuft sich auf 3.502 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.

¹⁵ 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 2022

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

* SEE: Stromerzeugungseinheiten

Rundungsbedingt kann es zu geringfügigen Abweichungen in den Summen kommen.

Quelle: BNetzA 2022a (Stand: 22.11.2022), Auswertung der Hessen Agentur.

In Hessen gibt es 19 Großkraftwerke, die mit Erdgas betrieben werden. Die summierte elektrische Leistung dieser Kraftwerke beträgt 1.889 MW. Das größte Kraftwerk in dieser Kategorie ist Block 4 des Kraftwerks Staudinger

in Großkrotzenburg mit einer installierten elektrischen Leistung von 622 MW. Mit deutlichem Abstand folgen das Kraftwerk im Industriepark Frankfurt-Höchst mit 272 MW und Block 4 des Heizkraftwerks West in Frankfurt mit 150 MW. Weitere Großkraftwerke in Hessen mit einer elektrischen Leistung von über 100 MW sind das Kraftwerk Hattorf in Philippsthal (121 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 (75 MW) und das Heizkraftwerk Niederrad in Frankfurt (70 MW). Das Kombi-Heizkraftwerk in Kassel hat eine installierte elektrische Leistung von 62 MW.

Der mit Steinkohle betriebene Block 5 des Kraftwerks Staudinger ist das größte Kohlekraftwerk in Hessen. Es verfügt über eine elektrische Leistung von 510 MW. Zusätzlich gibt es noch zwei Heizkraftwerke in Frankfurt und Offenbach, die mit Steinkohle betrieben werden und eine elektrische Leistung von 66 MW bzw. 62 MW haben. Insgesamt erreichen die drei Steinkohlekraftwerke eine elektrische Leistung von 687 MW. Darüber hinaus gibt es das Fernwärmekraftwerk in Kassel, das mit Braunkohle betrieben wird und eine elektrische Leistung von 34 MW hat.

Zu den weiteren Energieträgern bei konventionellen Großkraftwerken gehören Pumpspeicher, Abfall und Mineralölprodukte. Die beiden Pumpspeicherwerke am Edersee haben eine installierte elektrische Leistung von insgesamt 645 MW. In Bezug auf den Energieträger Abfall gibt es sechs Müllheizkraftwerke in Frankfurt, Witzenhausen, Kassel, Offenbach und Darmstadt, die aufsummiert eine elektrische Leistung von 223 MW erzielen. Die einzelnen Kraftwerke haben Leistungen im Bereich von 10 bis 50 MW. Das Kraftwerk Fulda hat eine elektrische Leistung von 25 MW und verwendet Mineralölprodukte zur Stromerzeugung.

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 Adam Opel AG, Infraser 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 (siehe BNetzA 2022b).

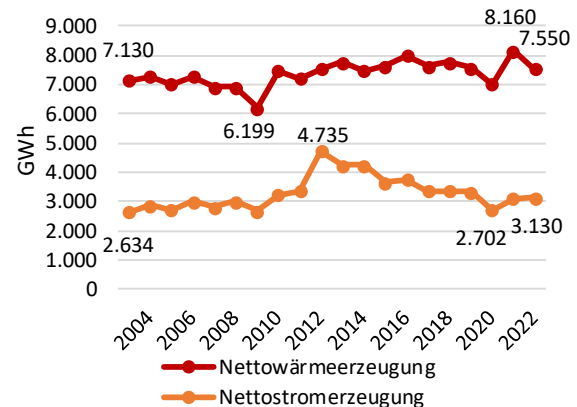
In Hessen ist geplant, zwischen 2022 und 2025 eine zusätzlich auf konventionellen Energieträgern beruhende Kraftwerkskapazität von 474 MW aufzubauen. Das Industrieunternehmen InfraServ GmbH & Co. Höchst KG wird am Standort Frankfurt-Höchst zwei neue erdgasbetriebene Generatoren mit einer elektrischen Gesamtleistung von 174 MW errichten. Darüber hinaus ist geplant, am Standort des Kernkraftwerks Biblis ein Gasturbinenkraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 300 MW zu errichten. Beim erwarteten Rückbau von Kraftwerkskapazitäten bis zum Jahr 2025 wird der mit Steinkohle betriebene Block 5 des Kraftwerks Staudinger (510 MW) von der BNetzA für Hessen genannt. Ursprünglich sollte dieser Kraftwerksblock aufgrund der Ergebnisse der 4. Ausschreibungsrunde im Dezember 2021 gemäß dem Kohleverstromungsbeendigungsgesetz im Mai 2023 stillgelegt werden. Jedoch hat der Kraftwerksbetreiber Uniper im Dezember 2022 entschieden, den Kohleblock nach den Vorgaben des Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetzes weiterhin bis zum 31. März 2024 am Strommarkt einzusetzen. Am 1. April 2024 wird die Anlage aufgrund ihrer Systemrelevanz gemäß § 50a Abs. 4 S. 2 EnWG automatisch für mindestens zwei Jahre in die Netzreserve überführt. Dies hat zur Konsequenz, dass Staudinger Block 5 ab diesem Zeitpunkt lediglich auf Anforderung des zuständigen Übertragungsnetzbetreibers TenneT herangezogen werden darf, um ausschließlich außerhalb des Strommarktes die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Elektrizitätsversorgungssystems zu gewährleisten.

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 nicht nur CO₂-Emissionen reduziert, sondern gänzlich eingespart. Vor dem Hintergrund der Energieeffizienz stellen KWK-Anlagen daher einen wichtigen Bestandteil der Energiewende dar.

Viele große Kraftwerke sind KWK-Anlagen und nutzen das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung. Durch den Anschluss an ein Wärmenetz versorgen sie mit der bei der Stromerzeugung anfallenden Wärme private Haushalte mit Raumwärme oder die Industrie mit Prozesswärme. Die größeren KWK-Kraftwerke im öffentlichen Versorgungsnetz mit einer installierten elektrischen Leistung von über 1 MW haben im Jahr 2022 insgesamt 3.130 GWh Strom und 7.550 GWh Wärme erzeugt (siehe Abbildung 42). Die Nettostromerzeugung durch KWK-Anlagen zeigte von 2003 bis 2012 einen Anstieg, erreichte im Jahr 2012 mit 4.735 GWh ihren Höchststand und war bis 2020 rückläufig. Nach einem deutlichen Rückgang im Jahr 2020 (-19 %) verzeichnete sie im Jahr 2021 erstmals seit 2012 wieder einen Anstieg (+14 %). Auch im Jahr 2022 stieg die Nettostromerzeugung, jedoch in geringerem Maße (+1 %). 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 7.550 GWh und damit auf das Niveau von 2019.

Abbildung 42: Entwicklung der Nettostrom- und Nettowärmeerzeugung durch KWK-Anlagen 2003-2022 (in GWh*)



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

Quelle: HSL 2023a.

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 Leis-

tung haben können, wird aus Erdgas durch einen chemischen Prozess Strom und Wärme gewonnen. In diesem chemischen Prozess verbindet sich der im Erdgas enthaltene Wasserstoff mit Sauerstoff. Dabei wird der eingesetzte Energieträger Erdgas hochgradig effizient genutzt. Ein weiterer Vorteil ist, dass Brennstoffzellenheizungen Strom und Wärme direkt beim Verbraucher, d. h. am Nutzungsort produzieren und damit Übertragungsverluste vermieden werden. Dies gilt auch für die etwas leistungsstärkeren Blockheizkraftwerke, die z. B. vor Ort Häuserblöcke mit Strom und Wärme versorgen.

Tabelle 14 zeigt den Bestand an KWK-Anlagen in Hessen zum 31. Dezember 2022. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Monitoringberichten basieren die in Tabelle 14 dargestellten Informationen nicht mehr auf Förderdaten des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausführungkontrolle (BAFA), sondern auf den Eintragungen im Marktstammdatenregister der BNetzA. Der im Marktstammdatenregister hinterlegte Anlagenbestand fällt aktuell noch niedriger aus als der in den BAFA-Daten. Dies kann daran liegen, dass Informationen zu KWK-Anlagen im Marktstammdatenregister noch nicht vollständig erfasst sind.

Tabelle 14: Anzahl sowie elektrische und thermische Leistung der KWK-Anlagen in Hessen zum 31.12.2022 nach Leistungskategorie und Energieträgern

	Anzahl der Anlagen	elektrische Leistung (in MW)	thermische Leistung (in MW)
nach Leistungskategorie (in kW_{el}/MW_{el})			
< 10 kW	3.453	13,8	53,9
>= 10 < 100 kW	1.447	47,4	86,3
>= 100 < 1000 kW	605	199,6	316,2
>= 1MW < 10 MW	106	275,4	799,8
>= 10 MW	29	1.465,9	3.143,8
nach Energieträgern			
Erdgas	4.696	1.234,6	2.580,6
Biomasse	389	226,5	366,7
Mineralölprodukte	234	3,2	4,1
Steinkohle/ Braunkohle	8	372,4	790,4
nicht biogener Abfall	8	129,3	525,7
Sonstige*	305	36,0	133,7
Insgesamt	5.640	2.002,1	4.401,2

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

Quelle: BNetzA 2023a.

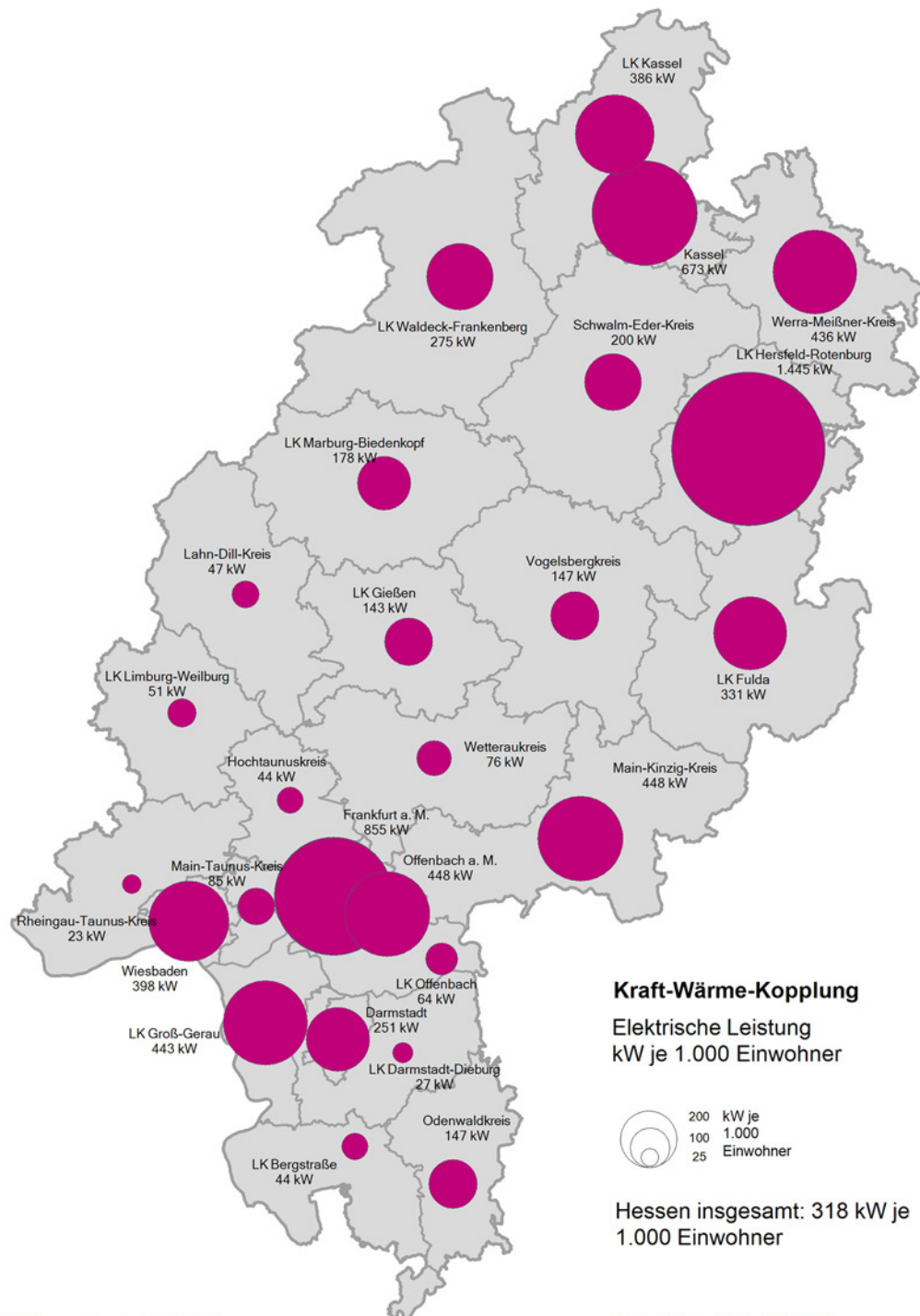
Die Zahl der im Marktstammdatenregister hinterlegten KWK-Anlagen belief sich zum Jahresende 2022 auf 5.640 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 2.002,1 MW und einer thermischen Leistung von 4.401,2 MW. Mit 61 Prozent fallen die meisten Anlagen in die Leistungskategorie unterhalb von 10 kW. Die elektrische Leistung summiert sich auf 13,8 MW, was 0,7 Prozent der durch KWK vorgehaltenen elektrischen Leistung insgesamt entspricht. Der Anteil dieser Anlagen an der thermischen Leistung liegt etwas höher, bei 1,2 Prozent. Hingegen entfallen auf die 29 KWK-Anlagen in der höchsten Leistungskategorie (≥ 10 MW) 73 Prozent der elektrischen und 71 Prozent der thermischen Leistung. Beim Blick auf die eingesetzten Energieträger fällt auf, dass mit einem Anteil von 83 Prozent die meisten KWK-Anlagen mit Erdgas betrieben werden. Bezogen auf die elektrische Leistung entspricht dies einem Anteil von 62 Prozent und auf die thermische Leistung einem Anteil von 59 Prozent. Biomasse nutzen 7 Prozent der KWK-Anlagen, auf die 11 Prozent der elektrischen und 8 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 acht mit Kohle betriebenen KWK-Anlagen spielen eine größere Rolle. Auf Kohle entfallen 19 Prozent der elektrischen und 18 Prozent der thermischen Leistung. Mit Blick auf Gesamtdeutschland 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 31 Prozent. Dafür liegen die entsprechenden Anteile des Energieträgers Erdgas niedriger, und zwar bei 52 Prozent (elektrische Leistung) bzw. bei 40 Prozent (thermische Leistung). Der Energieträger Kohle kommt bei KWK-Anlagen mit 20 Prozent bei der elektrischen Leistung bzw. 17 Prozent bei der thermischen Leistung auf vergleichbare Werte wie in Hessen.

Abbildung 43 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 2022 (kW je 1.000 Einwohner).

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

Laut Marktstammdatenregister haben in Hessen im Jahr 2022 insgesamt 311 KWK-Stromerzeugungseinheiten mit einer elektrischen Leistung von 14,4 MW ihren Betrieb aufgenommen (BNetzA 2023a).

Abbildung 43: In KWK-Anlagen installierte elektrische Leistung zur Stromerzeugung je 1.000 Einwohner zum 31.12.2022 nach hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten (in kW)



7

Versorgungssicherheit und Netzausbau



7 Versorgungssicherheit und Netzausbau

Kaum ein anderes Thema hat im zurückliegenden Jahr 2022 die öffentliche Diskussion und die Wirtschafts- und Energiepolitik so stark bestimmt wie die stark steigenden Energie- und Rohstoffpreise und die drohenden Engpässe in der Energieversorgung infolge des Angriffskrieges von Russland gegen die Ukraine. Im Fokus von Kapitel 7.1 steht daher die Sicherheit der Energieversorgung in Hessen. In Kapitel 7.1.1 wird die Sicherheit der Gasversorgung betrachtet, die durch den Russland-Ukraine-Krieg besondere Dringlichkeit bekam. Kapitel 7.1.2 behandelt die Maßnahmen der Netzbetreiber zur Aufrechterhaltung der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Stromnetze. Kapitel 7.2. stellt den aktuellen Ausbaustand der durch Hessen verlaufenden Stromnetze dar. Kapitel 7.3 thematisiert die Digitalisierung der Stromnetze und 7.4 zeigt die Entwicklung der Investitionen der Verteilnetz- und Übertragungsnetzbetreiber in die deutschen Stromnetze auf. In Kapitel 7.5 wird die Länge des Gasnetzes und in Kapitel 7.6 die Länge und Leistung des Fernwärmenetzes in Hessen dargestellt.

7.1 Versorgungssicherheit

Da der Netzausbau nicht mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien Schritt hält, ist das Thema Versorgungssicherheit mit der Umsetzung der Energiewende zunehmend in den Fokus gerückt. Mit dem Russland-Ukraine-Krieg und der damit verbundenen Notwendigkeit, die Bezugsquellen fossiler Energieträger zu diversifizieren, um die Importe von Erdöl, Erdgas und Steinkohle aus Russland ersetzen zu können, hat das Thema Versorgungssicherheit weiter an Bedeutung gewonnen. In kürzester Zeit musste Ersatz für die im europäischen Vergleich hohe Abhängigkeit Deutschlands von russischen Gasimporten gefunden werden. Das Ausmaß der Herausforderungen zeigt die Vielzahl an politischen Maßnahmen im Jahr 2022, die mit intensiven und zum Teil polarisierenden Diskussionen in Politik und Gesellschaft verbunden waren. Beispielhaft genannt seien hier die kurzfristige Verlängerung der Laufzeit der sich noch im Netz befindenden Atomkraftwerke bis April 2023 und die Marktrückkehr der sich bereits in der Reserve befindlichen Kohlekraftwerke bis Ende März 2024.

Versorgungssicherheit mit Erdgas

Mit Beginn des Angriffskrieges von Russland gegen die Ukraine 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. Mit Kriegsbeginn offenbarte sich schnell die Problematik dieser hohen Abhängigkeit. Infolge des Krieges wurde die Pipeline Nord Stream 2, die kurz vor dem Start stand, gestoppt. Die Gaslieferungen der Pipeline Nord Stream 1 wurden zunächst infolge technischer Probleme und durchgeführter Wartungsarbeiten stark gedrosselt. Seit September 2022 sind die Gaslieferungen über diese Pipeline infolge eines Anschlags gänzlich eingestellt. Die Lieferungen über die Jamal-Pipeline durch Belarus und Polen wurden von Russland im April 2022 beendet. Folglich mussten die deutschen Gasimporteure kurzfristig an unterschiedlichen Handelspunkten Erdgas beschaffen, um eine drohende Gasmangellage in Deutschland und den EU-Staaten abwenden zu können. Sowohl von der Bundesregierung als auch von der EU erfolgte eine Vielzahl an gesetzgeberischen Maßnahmen und Aktivitäten, um die Versorgung insbesondere mit Erdgas auf eine breitere Basis zu stellen.

Zu nennen sind beispielsweise die Änderung des Energiesicherungsgesetzes mit Füllstandsvorgaben für Gasspeicher, die Ausrufung der Alarmstufe des Notfallplans Gas, die Einrichtung eines Krisenteams Gas mit Vertretern des BMWK, der BNetzA, der Marktgebietsverantwortlichen und der Fernleitungsnetzbetreiber zur engmaschigen Bewertung der Versorgungslage am 23. Juni 2022. Weitere Maßnahmen sind ein Ankaufprogramm zur Diversifikation der Bezugsquellen, die Errichtung von LNG-Terminals, Maßnahmen zur Senkung des Gasverbrauchs und die Beschließung des Ersatzkraftwerkberhaltungsgesetzes zur Rückkehr von Kohlekraftwerken aus der Netzreserve in den Strommarkt (Bundesregierung 2022, BMWK 2022a, 2022b, 2023e, BNetzA 2023p). Damit wurde innerhalb kürzester Zeit eine Gasmangellage verhindert und zugleich die Grundlage geschaffen, auch in den Folgejahren ausreichend Gas aus unterschiedlichen Quellen beziehen zu können.

Diversifikation der Gasimporte

Es wurde ein Ankaufprogramm zur Diversifikation der Bezugsquellen beschlossen, um russisches Gas durch Lieferungen aus anderen Ländern zu ersetzen. So konnten die ausbleibenden Lieferungen aus Russland teilweise durch eine Erhöhung der Importmengen aus Norwegen sowie zusätzliche Importe über die Niederlande und Belgien kompensiert werden.

Um neue Anlieferungsmöglichkeiten für Gas über den Seeweg zu erschließen, wurde zur Anlandung von Flüssiggas der Bau von LNG-Terminals beschlossen. Im LNG (Liquefied Natural Gas)-Beschleunigungsgesetz

vom 1. Juni 2022 wurde die Beschleunigung von Zulassungs-, Vergabe- und Nachprüfungsverfahren geregelt und Ausnahmen von einer Umweltverträglichkeitsprüfung ermöglicht. Am 17. Mai 2023 wurden Änderungen am LNG-Beschleunigungsgesetz beschlossen. So wurden weitergehende Regelungen zur Zulassung und schnellen Errichtung von notwendigen Anbindungs- und Fernleitungen zum Abtransport des Flüssiggases sowie die Regelungen für die künftige Nachnutzung von landgebundenen LNG-Terminals für Wasserstoff konkretisiert. Im Januar 2023 sind schwimmende LNG-Anlagen, sogenannte Floating Storage and Regasification Units (FSRU), in Wilhelmshaven, Brunsbüttel und Lubmin in Betrieb gegangen. Durch diese Kapazitäten kann Flüssiggas für ca. 13,5 Mrd. Kubikmeter Gas in Deutschland angelandet werden. Weitere schwimmende LNG-Terminals in Wilhelmshaven, Stade und Lubmin sind im Aufbau und sollen noch 2023 in Betrieb gehen. Die ursprünglich ebenfalls in Betracht gezogenen Standorte in Hamburg und Rostock wurden aus dem Anwendungsbereich des Gesetzes gestrichen, der Hafen Mukran auf Rügen ist als Standort an der Ostseeküste in das Gesetz als Vorhabenstandort aufgenommen (Bundesregierung 2023). Neben den schwimmenden Terminals sind bereits drei landseitige Terminals in Brunsbüttel, Stade und Wilhelmshaven geplant, die im Jahr 2026 bzw. 2027 in Betrieb gehen und die an den jeweiligen Standorten befindlichen FSRU ablösen sollen (BMWK 2023a). Datenübersichten für die einzelnen LNG-Terminals sind unter <http://alsi.gie.eu> abrufbar.

Infolge der Substituierung der Gasimporte durch andere Energieträger einerseits und der Reduzierung des Gasverbrauchs der Haushalte und Unternehmen andererseits sind die Gasimporte Deutschlands im Jahr 2022 in Höhe von 1.449 TWh gegenüber dem Vorjahr (1.652 TWh) um rund 12 Prozent zurückgegangen. Wichtigstes Importland im Jahr 2022 war Norwegen mit einem Anteil von 33 Prozent, gefolgt von Russland mit einem Anteil von 22 Prozent (2021: 52 %). Die BNetzA weist täglich die nach Deutschland importierten Gasmengen aus. Danach wird ersichtlich, dass die Gaslieferungen aus Russland im Jahresverlauf 2022 stark zurückgegangen und schließlich im September auf null sanken. Bis zum 30. Juni 2023 wurde aus sämtlichen Bezugsquellen Gas im Umfang von 526,1 TWh nach Deutschland importiert. Der Vergleichswert für das erste Halbjahr 2022 lag bei 850,0 TWh (BNetzA 2023c).

Monitoring der Gasversorgung

Die Bundesnetzagentur beobachtet seit März 2022 die aktuelle Lage der Gasversorgung in Deutschland und stellt täglich Daten zu Gasimporten und -exporten, zu den Speicherfüllständen, zum Gasverbrauch insgesamt sowie von Industrie, Gewerbe und Haushalten, zu Temperaturen, zu den Gaspreisen sowie zur Gasförderung in

Deutschland auf der Webseite bereit (BNetzA 2023c). Wöchentlich wird ein Situationsbericht zur Lage der Gasversorgung in Deutschland veröffentlicht.

Seit Ausrufen der Frühwarnstufe veröffentlicht die Bundesnetzagentur werktäglich einen aktuellen Lagebericht über den Füllstand der Erdgasspeicher in Deutschland. Europaweite Angaben zu den Füllständen werden ebenfalls täglich im Aggregated Gas Storage Inventory ausgewiesen (Gas Infrastructure Europe – Aggregated Gas Storage Inventory 2023).

Erdgasspeicher

Die Erdgasspeicher sind von erheblicher Bedeutung, um eine stabile Energieversorgung zu sichern.

Zum Ausgleich tages- und jahreszeitlicher Verbrauchsspitzen und der Gewährleistung der Versorgungssicherheit dienen Untertage-Erdgasspeicher, die für die Lagerung von Erdgas genutzt werden. 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 Ausspeicherleistungsfähigkeit sind.

Das technisch nutzbare (installierte) maximale Arbeitsgasvolumen der Erdgasspeicher in Deutschland lag zum 31. Dezember 2021 bei 23,3 Mrd. Kubikmeter. Bundesweit gab es an 30 Standorten 273 Kavernenspeicher für Erdgas mit einem Arbeitsgasvolumen von insgesamt 14,8 Mrd. Kubikmeter. In Hessen liegen 3 Kavernenspeicher am Standort Reckrod mit einem Arbeitsgasvolumen von insgesamt 110 Mio. Kubikmeter. Von den bundesweit insgesamt 15 Erdgas-Porenspeichern mit einem Arbeitsgasvolumen von 8,5 Mrd. Kubikmeter befinden sich 3 in Hessen. Der Porenspeicher am Standort Hähnlein hat ein Arbeitsgasvolumen in Höhe von 80 Mio. Kubikmeter. In Stockstadt werden 2 Speicher betrieben, die zusammen ein Arbeitsgasvolumen von 135 Mio. Kubikmeter haben (LBEG 2022).

Der Füllstand der Erdgasspeicher drohte 2022 nicht auszureichen, um für den Winter die Versorgungssicherheit mit Gas zu gewährleisten. Zum 30. März 2022 waren die

Speicher nur zu 26,8 Prozent gefüllt und damit deutlich weniger als zum gleichen Zeitpunkt in den Vorjahren. Zurückzuführen war dies insbesondere auf den größten Erdgasspeicher in Rheden (damals im Besitz vom russischen Gazprom-Konzern), dessen Füllstand zu Beginn des Krieges bei nahezu null lag.

Bereits Ende April wurde die Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes zur Einführung von Füllstandsvorgaben für Gasspeicheranlagen (Gasspeichergesetz) beschlossen (BMWK 2023f). Im Mai wurden von der Bundesregierung im Rahmen der Änderung des Gesetzes zur Sicherung der Energieversorgung (Energiesicherungsgesetz EnSiG) (Bundesregierung 2022) die Stilllegung von Gasspeichern oder auch die teilweise Außerbetriebnahme von Gasspeicheranlagen unter einen Genehmigungsverbehalt gestellt.

Bis zum 1. November 2022 sollte nach den Vorgaben der Bundesregierung ein Füllstand von 95,0 Prozent als Vorsorge für den Winter erreicht sein (BMWK 2022a). Bereits am 15. Oktober 2022 lag der durchschnittliche Füllstand der deutschen Gasspeicher bei 96,0 Prozent, d. h. das Ziel war früher als geplant erreicht. Die hessischen Speicher waren zu 99,9 Prozent (Stockstadt und Hähnlein) und 99,1 Prozent (Reckrod) mit Erdgas befüllt (Gas Infrastructure Europe – Aggregated Gas Storage Inventory 2023).

Um die Gasversorgung für den Winter 2023/2024 sicherzustellen, sollte bis zum 1. September 2023 deutschlandweit ein Speicherfüllstand von 75 Prozent erreicht werden. Dieses Ziel wurde bereits im Juni erreicht. Gemäß dem Lagebericht der BNetzA vom 01. Oktober 2023 ist die Gasversorgung in Deutschland stabil und die Versorgungssicherheit gewährleistet. Der Füllstand der Speicher in Stockstadt und Hähnlein lag zu diesem Zeitpunkt bei 98 Prozent (MND 2023) und des Gasspeichers in Reckrod bei 99,8 Prozent (Gas Infrastructure Europe – Aggregated Gas Storage Inventory 2023).

Weiterhin wurde im Energiesicherungsgesetz der Aufbau einer digitalen Plattform für Erdgas beschlossen, um die Gasversorgung auch im Krisenfall sicherzustellen. Die digitale Sicherheitsplattform Gas wurde am 29. September 2022 von der BNetzA gestartet. Auf ihr stellen die relevanten Akteure am Gasmarkt ihre Daten zur Verfügung. Neben Stammdaten werden von den Großverbrauchern (≥ 10 MW), Versorgern, Händlern, Netzbetreibern sowie Bilanzkreisverantwortlichen auch aktuelle und geplante Informationen zu Gasverbräuchen abgefragt und analysiert. Im Fall einer nationalen Notfallsituation sollen Gasmengen in einem digitalen Verfahren angeboten und zugeteilt werden (BNetzA 2023d). Zum 01. Oktober 2023 ist der Start der monatlichen Übermittlung von Werten (Lastgang) für alle auf der Sicherheitsplattform Gas hinterlegten Marktlokationen (grundsätzlich

≥ 10 MW) auf Basis des Abrechnungsbrennwertes inkl. Ersatzwertkorrektur erfolgt (BDEW 2023a).

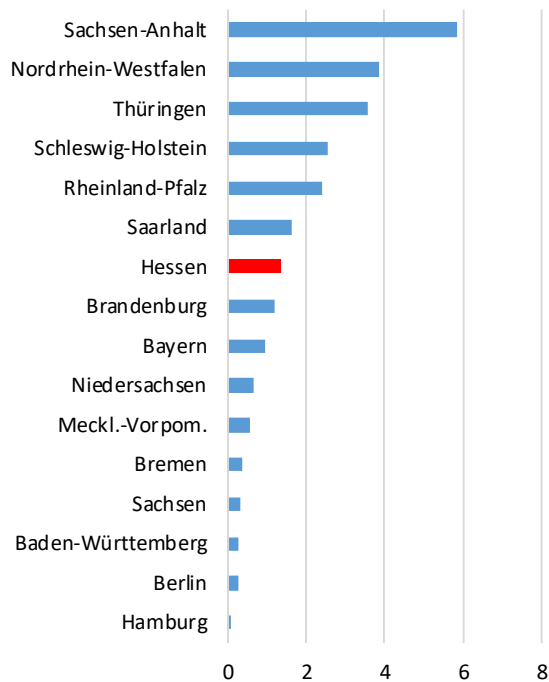
Versorgungsunterbrechungen

Die BNetzA berichtet regelmäßig über Versorgungsunterbrechungen im Gasnetz. Der SAIDI-Wert in Hessen lag im Jahr 2022 bei 1,35 Minuten und lag wie im Vorjahr unter dem Bundesdurchschnitt von 1,52 Minuten. Gegenüber dem Vorjahr hat sich der Wert jedoch verdoppelt (2021: 0,68 Minuten). Dagegen ist der Durchschnittswert für Deutschland insgesamt gesunken (2021: 2,18 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 auf sonstige Störungen zurückzuführen sind.

In Abbildung 44 sind die SAIDI-Gas-Werte für die Bundesländer im Jahr 2022 dargestellt. Gegenüber dem Vorjahr hat sich das Bild geändert. Den mit Abstand höchsten Wert wies Sachsen-Anhalt mit 5,85 Minuten auf. Ebenfalls weit überdurchschnittlich lange Versorgungsunterbrechungen waren in Nordrhein-Westfalen (3,87 Minuten) und Thüringen (3,55 Minuten) zu konstatieren. Im Jahr 2021 hatten noch Schleswig-Holstein (7,35 Minuten) und Niedersachsen (6,61 Minuten) die längsten Versorgungsunterbrechungen. Werte unter einer halben Minute und damit die geringsten SAIDI-Werte wurden im Jahr 2022 für die Bundesländer Hamburg (0,08 Minuten), Berlin (0,26 Minuten), Baden-Württemberg (0,28 Minuten), Sachsen (0,35 Minuten) und Bremen (0,38 Minuten) gemessen. Hessen liegt mit einem Wert von 1,35 Minuten an siebter Position der nach der Dauer der Versorgungsunterbrechungen sortierten Bundesländer. 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.

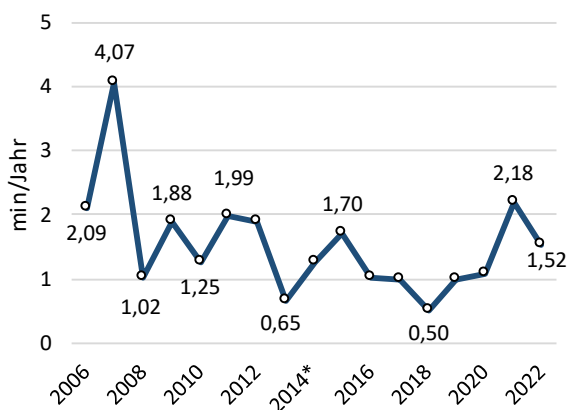
Die langjährige Entwicklung des SAIDI-Werts für die Gasversorgung in Deutschland ist in Abbildung 45 dargestellt. Abgesehen von dem Ausreißerjahr 2007 bewegte sich die Dauer der Versorgungsunterbrechungen in einer Spanne von 0,5 Minuten bis 2,18 Minuten.

Abbildung 44: SAIDI-Werte in den Bundesländern 2022 (in min/Jahr)



Quelle: BNetzA 2023k.

Abbildung 45: Entwicklung des SAIDI-Wertes für die deutschen Gasnetze 2006-2022 (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 2023k.

Versorgungssicherheit der Stromnetze

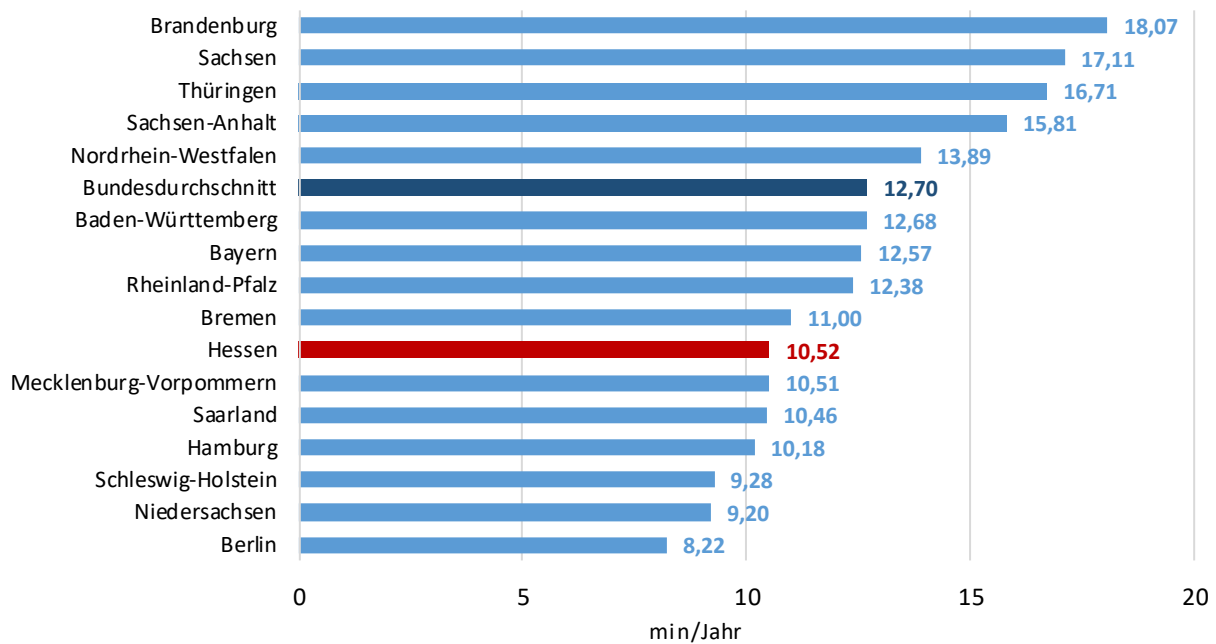
Die Anforderungen an die Stromnetze sind durch die Energiewende stark gestiegen. Kurz gesagt: Mehr Strom muss über weitere Strecken transportiert werden. Zur Gewährleistung der Netzstabilität und Versorgungssicherheit müssen die Erzeugung, der Transport und der Verbrauch von Strom aufeinander abgestimmt werden. Hierfür steht den Netzbetreibern ein breites Instrumentarium zur Verfügung. Im Folgenden werden die Versorgungsunterbrechungen und die durch die ÜNB getroffenen Netzsicherheitsmaßnahmen dargestellt.

Versorgungsunterbrechungen

Eine Kennzahl für Versorgungsunterbrechungen ist der System Average Interruption Duration Index – kurz SAIDI. Der Index bezeichnet die durchschnittliche Dauer der Versorgungsunterbrechung für Nieder- und Mittelspannung je angeschlossenem Letztverbraucher. In die Berechnung fließen nur ungeplante Unterbrechungen ein, die auf atmosphärische Einwirkungen, Einwirkungen Dritter oder des Netzbetreibers oder auf sogenannte Rückwirkungsstörungen zurückzuführen sind. Bei den nachfolgend dargestellten Bundesländerergebnissen ist zu beachten, dass die Länderwerte nur näherungsweise deckungsgleich mit dem jeweiligen Bundesland sind, da die Versorgungsunterbrechungen nur dem jeweiligen Netzgebiet des Netzbetreibers zugeordnet werden. Hat ein Netzbetreiber ein Netzgebiet, das sich in mehr als einem Bundesland befindet, werden die Versorgungsunterbrechungen dem Bundesland zugerechnet, in dem der Netzbetreiber seinen Firmensitz hat (BNetzA 2023h).

Versorgungsunterbrechungen mit einer Dauer von über 3 Minuten werden von den Netzbetreibern an die Bundesnetzagentur gemeldet. Wie in den Vorjahren lag der SAIDI auch im Jahr 2021 für Hessen mit 10,52 Minuten unter dem Bundeswert (12,7 Minuten). Gegenüber dem Vorjahr ist in Hessen der SAIDI um 1,88 Minuten angestiegen. Im Bundesdurchschnitt war die Zunahme mit 1,97 Minuten etwas höher.

Im Bundesländervergleich wiesen Berlin (8,22 Minuten), Niedersachsen (9,2 Minuten), Schleswig-Holstein (9,28 Minuten) und Hamburg (10,18 Minuten) geringere Werte auf. Den höchsten SAIDI-Wert hatte Brandenburg mit 18,07 Minuten, gefolgt von Sachsen (17,11 Minuten), Thüringen (16,71 Minuten) und Sachsen-Anhalt (15,81 Minuten) (vgl. Abbildung 46). Eine Kausalität zwischen Regionen mit starkem Zubau an erneuerbaren Energien und einem hohen SAIDI-Wert ist weiterhin nicht erkennbar.

Abbildung 46: Versorgungsunterbrechungen (SAIDI) Strom nach Bundesländern 2021 (in min/Jahr)

Quelle: BNetzA 2023h.

Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen

Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen haben durch die Netzbelastungen infolge des Ausbaus der erneuerbaren Energieträger und der Verzögerungen im Netzausbau an Bedeutung gewonnen. Sie tragen zur hohen Zuverlässigkeit der Stromversorgung in Deutschland bei.

Durch die Novelle des Netzausbaubeschleunigungsgesetzes (BMJ 2023) wurden die Regeln für Redispatch und Einspeisemanagement geändert. Die Regelungen zum Einspeisemanagement von erneuerbaren Energieanlagen und KWK-Anlagen wurden aufgehoben und in den Redispatch einbezogen. Diese Umstellung führte zu einer Veränderung des Meldeverfahrens und der Auswertungssystematik. Aufgrund der neuen Abfragesystematik können strom- und spannungsbedingte Redispatchmaßnahmen nach Netzelementen bzw. Netzgebieten nicht mehr ausgewiesen werden (BNetzA 2023i).

Im Jahr 2022 lag das gesamte Maßnahmenvolumen für Netzengpassmanagement bundesweit bei 32.772 GWh und damit um rund 19 Prozent höher als im Jahr 2021 (27.523 GWh). Ursachen für den Bedarf an Redispatch waren niedrige Pegelstände des Rheins, was zu einem sinkenden beförderten Kohlevolumen und einer geringeren Betriebsbereitschaft von Kraftwerken führte, mehrere Sturmtiefs im Februar 2022, hohe Stromexporte nach Frankreich aufgrund dortiger niedriger Kernkraft-

werksverfügbarkeiten, die Abschaltung des Kernkraftwerks Grundremmingen und die neuen Regelungen des Redispatch 2.0.

Die vorläufigen Gesamtkosten lagen im Jahr 2022 mit 4,2 Mrd. Euro deutlich über dem Vorjahresniveau (2021: 2,3 Mrd. Euro). Ursachen für diesen Anstieg waren neben der mengenmäßigen Zunahme der Maßnahmen insbesondere die stark gestiegenen Brennstoffpreise. Im Folgenden werden die einzelnen Maßnahmenkategorien mit Fokus auf hessische Netzelemente dargestellt (BNetzA 2023i).

Redispatch 2.0

Seit dem 1. Oktober 2021 gelten neue Vorgaben für das Management seitens der Anlagenbetreiber bei Netzengpässen. Zur Vermeidung von Netzengpässen müssen mehr Anlagenbetreiber als bisher Maßnahmen bei Engpasssituationen melden. Redispatch 2.0 betrifft alle Anlagen ab 100 kW, d. h. neben den Übertragungsnetzbetreibern sind verstärkt auch die Verteilnetzbetreiber zur Meldung von entsprechenden Redispatchmaßnahmen verpflichtet. Zudem betreffen die Regelungen nicht nur wie bisher konventionelle Kraftwerke, sondern auch erneuerbare Energie- und KWK-Anlagen.

Im Jahr 2022 lag die Redispatch-Gesamtmenge von Marktkraftwerken und Reservekraftwerken bei 27.049 GWh. Dies bedeutet eine Erhöhung um 25,5 Prozent im Vergleich zum Vorjahr (2021: 21.546 GWh).

In Abbildung 47 ist die Dauer der Überlastung auf den bundesweit am stärksten betroffenen Netzelementen im Jahr 2022 kartografisch dargestellt. In Hessen waren die am stärksten betroffenen Netzelemente Großkrotzenburg – Dettingen / Urberach mit 3.005 Stunden (2021: 3.300 Stunden), Mecklar – Dipperz mit 1.302 Stunden (2021: 1.994 Stunden) und Dipperz – Großkrotzenburg mit 846 Stunden (2021: <400 Stunden, nicht einzeln von BNetzA aufgeführt).

Netzreservekraftwerke

Im Jahr 2022 wurden bundesweit inklusive Probe- und Testfahrten insgesamt an 326 Tagen (2021: 217 Tage) Netzreserveeinsätze durchgeführt. Die Menge ist von 1.280 GWh im Jahr 2021 auf 3.237,9 GWh in 2022 stark angestiegen. In Hessen wurden nur in geringem Umfang Kraftwerksreduzierungen und -erhöhungen auf Anweisung durchgeführt. Die Absenkung lag bei 134 GWh und die Erhöhung bei 258 GWh (BNetzA 2023i).

Im Winter 2022/2023 wurden im Zeitraum vom 01. Oktober 2022 bis zum 15. April 2023 von den Übertragungsnetzbetreibern an 117 von 197 Tagen Redispatch durch die deutschen Netzreservekraftwerke angefordert. Der Vergleichswert des Winters zuvor lag mit 175 von 204 Tagen deutlich höher. Mit über 70 Tagen verzeichneten die meisten Einsatztage das Gaskraftwerk Daxlanden RDK 4. Das hessische Gasturbinenkraftwerk Darmstadt (GTKW GT 11 und GT12) verzeichnete für beide Gasturbinen jeweils rund 10 Einsatztage (BNetzA 2023j).

Einspeisemanagement (EinsMan)

Für eine Vergleichbarkeit mit den Vorjahren weist die BNetzA in ihrem Bericht von 2022 weiterhin die EinsMan-Maßnahmen für Deutschland aus. Bundesweit lagen die absoluten Abregelungsmengen insgesamt mit 8.071 GWh um rund 39 Prozent höher als im Vorjahr (2021: 5.818 GWh).

7.2 Bestand und Ausbau der Stromnetze

Die Energiewende mit der Abkehr von fossilen Energieträgern und dem Ausbau der erneuerbaren Energien stellt neue Anforderungen an die Stromnetze und macht für

eine verlässliche Stromversorgung einen umfangreichen Aus- und Umbau der Netze erforderlich.

Die Stromerzeugung und die Einspeisung in die Netze erfolgen zunehmend dezentral, auch die Verbraucher können selbst Strom ins Netz einspeisen.

Die Stromerzeugung aus Wind und Sonne unterliegt natürlichen Schwankungen. Zudem muss der in den großen Offshore-Windparks in Norddeutschland erzeugte Strom zu den Verbrauchern in Süddeutschland transportiert werden. Auf der Verbraucherseite steigt die Stromnachfrage, beispielsweise durch die Zunahme der Elektromobilität.

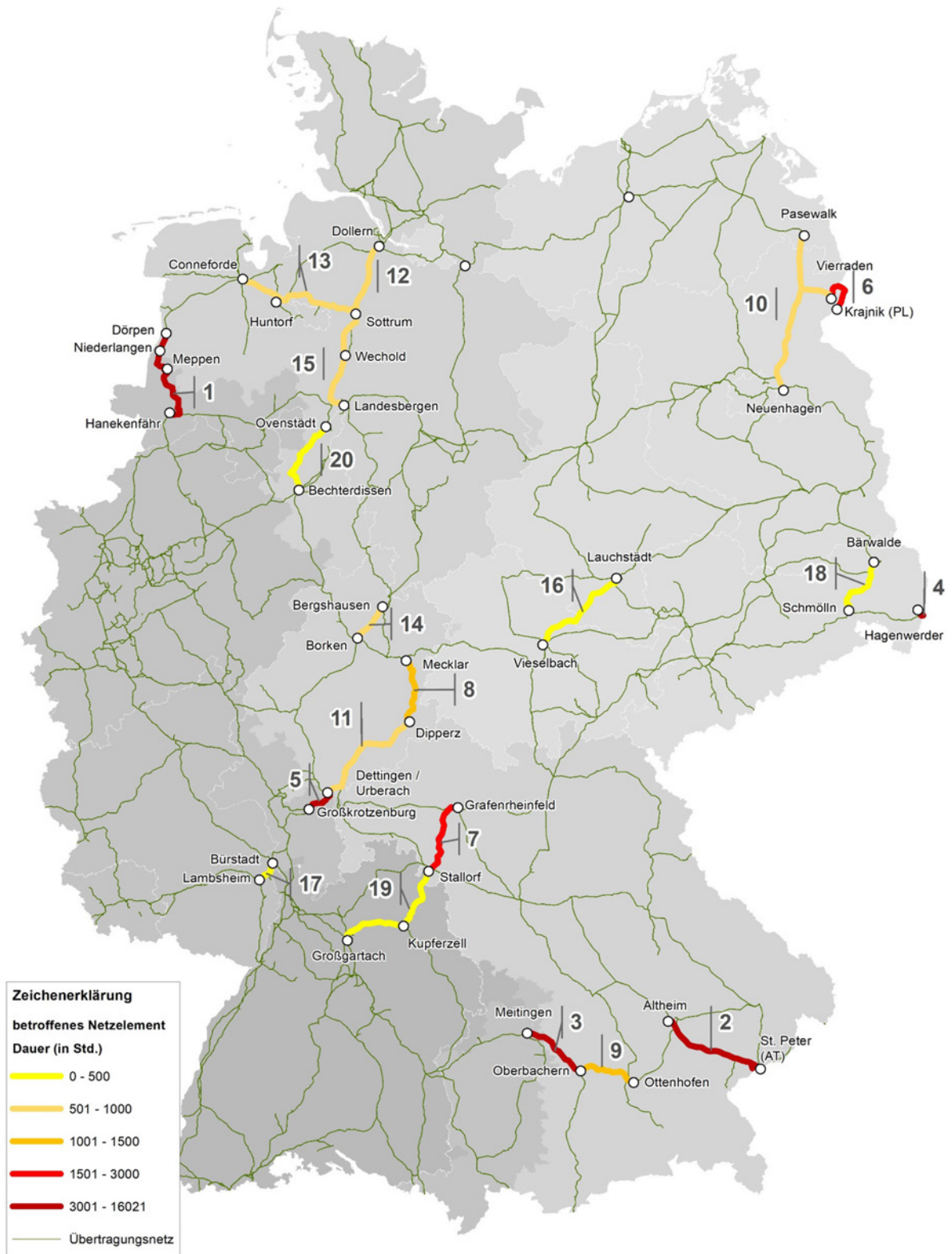
Nachfolgend wird zunächst der Ausbaustand der Übertragungsnetze nach Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) und nach Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) einschließlich netzoptimierender Maßnahmen dargestellt. Daran anschließend erfolgt ein kurzer Blick auf das Verteilernetz in Hessen.

Übertragungsnetz

Im Übertragungsnetz wird der Strom über große Entfernungen mit Höchstspannung transportiert. Die Stromkreislänge beträgt bundesweit derzeit rund 38.500 Kilometer. 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, Transnet BW, 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.

Die ÜNB ermitteln alle zwei Jahre im Netzentwicklungsplan (NEP) Strom den Ausbaubedarf des Übertragungsnetzes. Die ÜNB haben nach einer öffentlichen Konsultation den zweiten, überarbeiteten Entwurf des NEP 2037/2045 im Juni 2023 an die BNetzA übergeben. Er blickt auf die Jahre 2037 und 2045 und damit auch auf das gesetzliche Zieljahr zum Erreichen der Klimaneutralität in Deutschland. Grundlage der im NEP betrachteten drei Szenarien sind die Ausbauziele der erneuerbaren Energien des novellierten EEG 2023. Im Ergebnis wird für alle Szenarien bis zum Jahr 2045 ein erheblicher Zubaubedarf des Übertragungsnetzes errechnet: Onshore liegt der notwendige Zubau bei 12.400 Kilometern, offshore bei 13.300 Kilometern (50hertz, amprion, Transnet BW, TenneT 2023b).

Abbildung 47: Dauer der Überlastung auf den am stärksten betroffenen Netzelementen in Deutschland 2022



Die in der Karte angegebenen Nummern bezeichnen die Netzelemente.

Quelle: BNetzA 2023i.

Zum 31. März 2023 umfassten das BBPIG und das EnLAG deutschlandweit insgesamt 119 (2021: 101) Ausbauprojekte mit einer Gesamtlänge von zusammen 14.019 (2021: 12.256) Kilometern (BNetzA 2023e). Davon waren 25 (2021: 22) Vorhaben mit einer Gesamtlänge von 2.506 (2021: 2.005) Kilometern fertiggestellt. 14 (10) Vorhaben mit einer Gesamtlänge von 1.085 (751) Kilometern waren genehmigt oder waren im Bau. Noch in der Genehmigungsphase befanden sich 55 (51) Vorhaben mit einer Gesamtlänge von 7.672 (6.769) Kilometern, davon waren 1.395 (704) Kilometer im Raumordnungs- oder Bundesfachplanungsverfahren und 6.277 (6.065) Kilometer standen vor oder im Planfeststellungsverfahren. Noch nicht im Genehmigungsverfahren waren 25 (18) Vorhaben mit einer Gesamtlänge von 2.756 (2.731) Kilometern.

In Abbildung 48 ist der Ausbaustand der Vorhaben kartografisch dargestellt.

Ausbaustand nach dem Bundesbedarfsplangesetz

Aktuell sind 97 Vorhaben nach Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG) in Ausbauplanung. Damit sind seit 29. Juli 2022 19 neue Vorhaben im BBPIG enthalten. 15 Vorhaben verlaufen innerhalb bzw. möglicherweise durch Hessen. In Tabelle 15 sind besondere Kennzeichnungen und der Ausbautyp, der Vorhabenträger, technische Merkmale sowie der Status der Verfahren und der Zeitpunkt der geplanten Inbetriebnahme aufgeführt (BNetzA 2023f). Bei drei Vorhaben wurde mit den Bauarbeiten begonnen.¹⁶ Im Vergleich zum Vorjahresplanungsstand haben sich keine Änderungen bei den geplanten Inbetriebnahmen ergeben. Gegenüber dem Planungsstand im Jahr 2015 sind zum Teil erhebliche zeitliche Verzögerungen zu konstatieren, so bei den großen Nord-Süd-Verbindungen Ultranet und SuedLink und auch den Vorhaben 12 (Verbindung von Thüringen nach Nordhessen), 17 (Verbindung Nordhessen mit Bayern) und 19 (Verbindung Rödermark mit Karlsruhe) (HMWEVL 2015).

Tabelle 15: Merkmale der durch Hessen verlaufenden Vorhaben aus dem BBPIG zum 15.07.2023

Vorhaben Nr.	Abschnitt	Kennzeichnungen / Typ	Träger von Abschnitt in Hessen	Technische Merkmale	Status des Verfahrens	Geplante Inbetriebnahme
2	Osterath – Philippsburg (Ultranet) (341 km) Abschnitt D1: Punkt Koblenz – Punkt Marxheim (78 km) Abschnitt A2: Punkt Marxheim – Punkt Ried (57 km) Abschnitt A1: Punkt Ried – Punkt Wallstadt (28 km)	länderübergreifend HGÜ-Pilotprojekt PCI* Ersatzneubau, Parallelneubau, Umbeseilung	Amprion	Gleichstrom (2 GW) 380 kV	Abschnitt A1: Planfeststellung abgeschlossen; Abschnitt A2: Festlegung des Untersuchungsrahmens; Abschnitt D1: in Planfeststellung: Plan und Unterlagen	2027
3	Brunsbüttel – Großgartach (SuedLink) (etwa 690 km) Abschnitt C2: Landesgrenze Niedersachsen / Hessen – Südlich Landesgrenze Hessen / Thüringen (65 km)	länderübergreifend HGÜ-Pilotprojekt Erdkabel PCI* Neubau in neuer Trasse	TransnetBW	Gleichstrom (2 GW) 525 kV	im Planfeststellungsverfahren: Festlegung des Untersuchungsrahmens	2028
4	Wilster – Bergrheinfeld West (SuedLink) (etwa 538 km) Abschnitt C2: Landesgrenze Niedersachsen / Hessen – Südlich Landesgrenze Hessen / Thüringen (65 km)	länderübergreifend HGÜ-Pilotprojekt Erdkabel PCI* Neubau in neuer Trasse	TransnetBW	Gleichstrom (2 GW), Wechselstrom 380 kV 525 kV	im Planfeststellungsverfahren: Festlegung des Untersuchungsrahmens	2028
12	Vieselbach – Eisenach – Mecklar (130 km) Abschnitt B: Regelzonen-grenze – Mecklar (43 km)	länderübergreifend Ersatzneubau, Umbeseilung	Abschnitt B: TenneT	Wechselstrom 380 kV	Abschnitt B: in Planfeststellung: Festlegung des Untersuchungsrahmens	2026

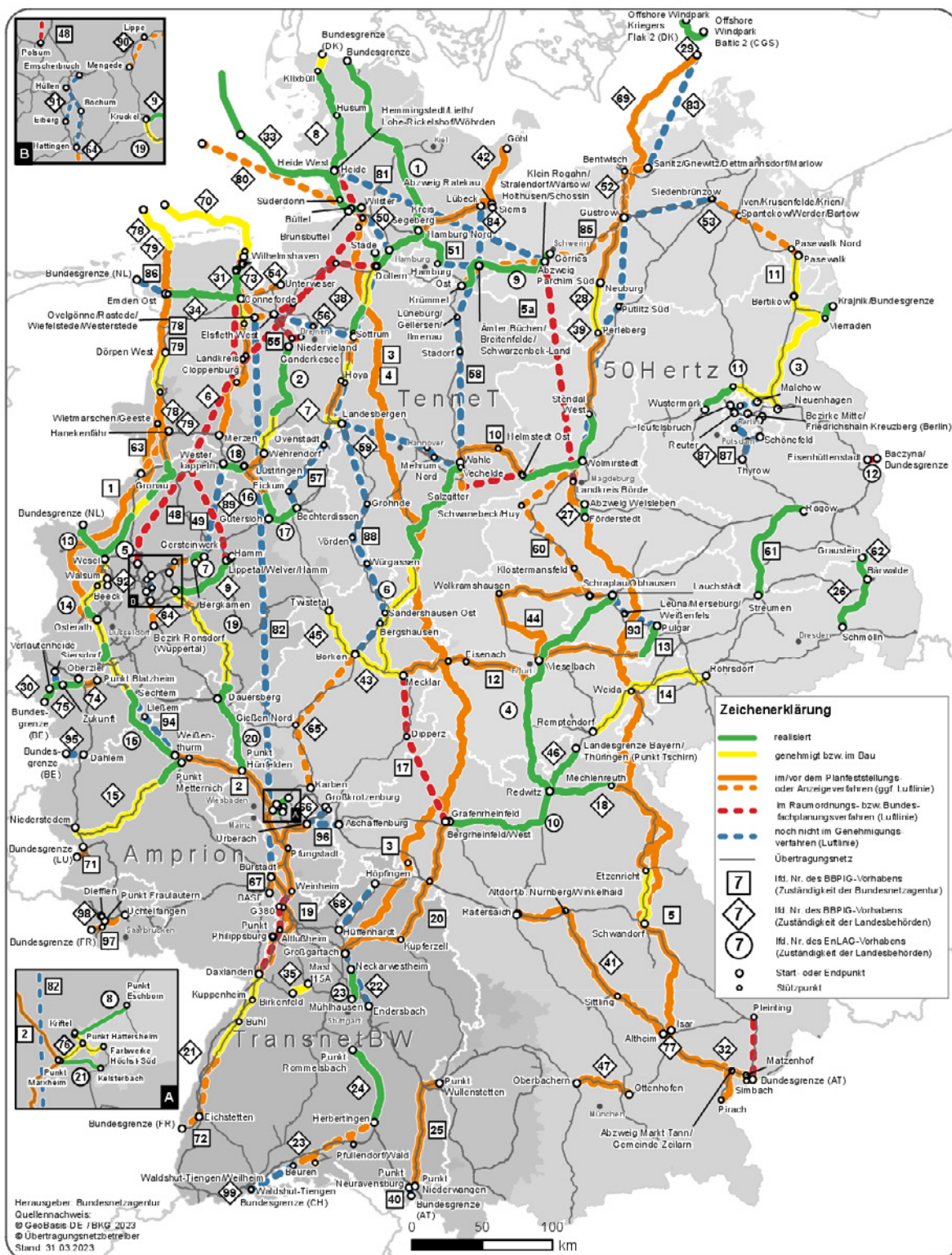
¹⁶ Der aktuelle Stand der einzelnen Vorhaben ist bei der Bundesnetzagentur unter <https://www.netzausbau.de/Vorhaben/uebersicht/liste/liste.html> abrufbar.

Vorhaben Nr.	Abschnitt	Kennzeichnungen / Typ	Träger von Abschnitt in Hessen	Technische Merkmale	Status des Verfahrens	Geplante Inbetriebnahme
17	Mecklar – Dipperz – Berg-rheinfeld West (Fulda-Main-Leitung) (etwa 130 km) Abschnitt A: Mecklar – Dipperz (etwa 53 km) Abschnitt B: Dipperz – Berg-rheinfeld West (80 km)	länderübergreifend Erdkabel-Pilot-projekt Neubau in neuer Trasse, Parallelneubau	TenneT	Wechsel-strom 380 kV	beide Abschnitte in Bundesfach-planung	2031
19	Urberach – Pfungstadt – Weinheim – G380 – Altluß-heim – Daxlanden (142 km) Abschnitt Nord 1: Urberach – Pfungstadt – Weinheim (66 km) Abschnitt Süd 3: Weinheim – Rheinau (18 km)	länderübergreifend Ersatzneubau, Parallelneubau, Umbeseilung	Abschnitt Nord: Amprion, Abschnitt Süd: TransnetBW	Wechsel-strom 380 kV	Abschnitt Nord 1: im Planfeststel-lungsverfahren, Erörterungstermin Abschnitt Süd 3: in Planfeststellung, Festlegung des Untersuchungs-rahmens	2031
43	Borken – Mecklar (41 km)	keine Kennzeichen Ersatzneubau, Umbeseilung	TenneT	Wechsel-strom 380 kV	im Bau	2023
45	Borken – Twistetal (43 km)	keine Kennzeichen Ersatzneubau, Umbeseilung	TenneT	Wechsel-strom 380 kV	im Bau	2023
65	Borken – Gießen Nord – Karben (124 km) Borken – Gießen Nord (73 km) Gießen Nord – Karben (51 km)	Keine Kennzeichen Ersatzneubau, Umbeseilung	TenneT	Wechsel-strom 380 kV	Raumordnungs-verfahren nicht erforderlich	2031
66	Großkrotzenburg – Dettingen – Urberach (24 km)	Pilotprojekt für Hochtemperatur-leiteseile Umbeseilung	Amprion	Wechsel-strom 380 kV	vor Genehmi-gungsverfahren	2028
67	Bürstadt – BASF (Ludwigs-hafen am Rhein) (13 km)	Verzicht auf Bundesfachplanung länderübergreifend Ersatzneubau, Parallelneubau, Umbeseilung	Amprion	Wechsel-strom 380 kV	im Planfest-stellungsverfahren: Festlegung des Untersuchungs-rahmens	2029
76	Kriftel – Farbwerke Höchst Süd (11 km)	Keine Kennzeichen Ersatzneubau, Umbe-seilung, Zubeseilung	Amprion	Wechsel-strom 380 kV	im Bau	2024
82	Ovelgönne / Rastede / Wiefelstede / Westerstede – Bürstadt (Rhein-Main-Link) (528 km)	länderübergreifend HGÜ-Pilotprojekt Erdkabel, Leerrohr-möglichkeit Neubau in neuer Trasse	Amprion	Gleich-strom 525 kV	vor Genehmi-gungsverfahren	2033
88	Landesbergen – Grohnde – Vörden – Würzgassen – Sanders-hausen Ost – Bergshausen – Borken (271 km)	länderübergreifend Umbeseilung	TenneT	Wechsel-strom 380 kV	vor Genehmi-gungsverfahren	2035
96	Aschaffenburg – Urberach (30 km)	länderübergreifend Neubau in neuer Trasse	Amprion	Wechsel-strom 380 kV	vor Genehmi-gungsverfahren	2035

* PCI = Vorhaben von gemeinsamem Interesse

Quelle: BNetzA 2023f (abgerufen am 15.07.2023).

Abbildung 48: Stand der Vorhaben aus dem BBPIG und EnLAG zum 31.03.2023



Quelle: BNetzA 2023e.

Das von den Vorhabenträgern Amprion und TransnetBW als Ultranet bezeichnete Vorhaben 2 ist ein Pilotprojekt für eine HGÜ-Leitung. Die etwa 341 Kilometer lange Leitung soll die Netzverknüpfungspunkte Osterath in Nordrhein-Westfalen und Philippsburg in Baden-Württemberg verbinden, 28 Kilometer sind genehmigt bzw. im Bau. Ultranet dient dazu, in und an der Nordsee erzeugten Windstrom nach Süden zu transportieren. Umgekehrt ist auch der Transport von Solarenergie aus dem Süden nach Nordrhein-Westfalen möglich. Die Trasse verläuft in den Teilabschnitten D1 Punkt Koblenz – Punkt Marxheim (etwa 78 km), A2 Punkt Marxheim – Punkt Ried (etwa 57 km) und A1 Punkt Ried – Punkt Wallstadt (28 km) durch Hessen. Für einen Großteil der Strecke sollen bestehende Mastsysteme genutzt werden.

Damit würden Leiterseile für Gleich- und Wechselstrom an denselben Masten hängen, womit ein sogenanntes Hybridsystem entstünde. Für sechs von sieben Teilabschnitten läuft derzeit das Planfeststellungsverfahren. Es ist als ein Vorhaben von „gemeinsamem Interesse“ (PCI) kategorisiert.¹⁷ Die Leitung soll mit Gleichstrom betrieben werden und kann daher nicht abschnittsweise, sondern nur vollständig in Betrieb genommen werden. Aktueller Termin der geplanten Gesamtinbetriebnahme ist 2027. Für Abschnitt D1 Punkt Koblenz – Punkt Marxheim hat Amprion am 21. Juni 2022 einen Antrag auf Planfeststellungsbeschluss gestellt. Der Abschnitt A2 Punkt Marxheim – Punkt Ried befindet sich seit dem zweiten Quartal 2022 in der Planfeststellung, im Abschnitt A1 Punkt Ried – Punkt Wallstadt konnte das Planfeststellungsverfahren mit der Veröffentlichung des Planfeststellungsbeschlusses durch die BNetzA im zweiten Quartal 2023 abgeschlossen werden.

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 Erdkabel-Vorhaben unter dem Projektnamen SuedLink bei den Planungen gemeinsam. Der SuedLink soll künftig an Land und auf See erzeugten Windstrom transportieren und einen Beitrag dazu leisten, den Energiebedarf in Süddeutschland nach dem Atomausstieg abzudecken. Außerdem dienen die beiden Vorhaben der Integration in das europäische Übertragungsnetz. Die Gesamtinbetriebnahme ist für beide Vorhaben im Jahr 2028 vorgesehen. Nach derzeitigem Planungsstand verläuft Vorhaben 3 von Brunsbüttel nach Großgartach mit einer Länge von etwa 690 Kilometern, wovon 18 Kilometer genehmigt bzw. im Bau sind. Vorhaben 4 verläuft von Wilster nach Bergheinfeld West mit einer Länge von etwa 538 Kilometern. Durch Hessen verläuft in beiden Vorhaben je-

weils der Teilabschnitt C2. Die entsprechenden Trassenkorridore (jeweils 65 km) befinden sich im Planfeststellungsverfahren.

Vorhaben 12 sieht eine Umbeseilung einer bestehenden 380-kV-Freileitung zwischen Vieselbach in Thüringen und Mecklar in Nordhessen vor. Hierzu ist im westlichen Teil ein Austausch der alten Leiterseile durch neue Hochtemperaturleiterseile geplant. Die Trassenlänge beträgt etwa 130 Kilometer. Die geplante Gesamtinbetriebnahme ist im Jahr 2026. Abschnitt B verläuft mit einer Länge von 43 Kilometern von der Regelzonengrenze in der Nähe von Eisenach bis nach Mecklar. Das Vorhaben befindet sich im Planfeststellungsverfahren.

Vorhaben 17, auch Fulda-Main-Leitung genannt, sieht einen Neubau von zwei 380-kV-Systemen zwischen Mecklar in Nordhessen und Bergheinfeld 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. Sowohl Abschnitt A von Mecklar bis Dipperz (51 km) als auch Abschnitt B von Dipperz nach Bergheinfeld West befinden sich in der Bundesfachplanung.

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 (18 km) verlaufen durch Hessen. Beide Abschnitte befinden sich im Planfeststellungsverfahren. Die geplante Inbetriebnahme des Vorhabens ist im Jahr 2031.

Die Vorhaben 43 zwischen Borken und Mecklar und 45 zwischen Borken und Twistetal sollen die wichtigen Nord-Süd-Verbindungen in Hessen durch eine Verstärkung der bestehenden 380-kV-Freileitungen ertüchtigen. Die Gesamtinbetriebnahme ist jeweils für 2023 geplant.

Die Vorhaben 65 Borken – Gießen Nord – Karben (124 km) und 66 Großkrotzenburg – Dettingen – Urberach (24 km) sind seit 2021 im Bundesbedarfsplan gelistet. Für das Vorhaben 65 ist kein Raumordnungsverfahren erforderlich. Vorhaben 66 ist ein Pilotprojekt für Hochtemperaturleiterseile. Die Inbetriebnahme von Vorhaben 65 ist für 2031 geplant. Das Vorhaben 66 soll im Jahr 2028 in Betrieb gehen.

¹⁷ 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 2023g).

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 aufgrund des steigenden Leistungsbedarfs dieses Standorts und ist seit 2021 im Bundesbedarfsplan enthalten. Es befindet sich im Bau. Die geplante Fertigstellung ist 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 528 Kilometer. Die Gesamtinbetriebnahme ist für 2033 geplant. Für das Vorhaben wurde noch kein Genehmigungsverfahren beantragt.

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. Es wurde noch kein Genehmigungsverfahren beantragt, die geplante Gesamtinbetriebnahme ist 2035.

Ebenfalls 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, um das Übertragungsnetz für die zukünftig steigenden Stromflüsse zu verstärken. Durch Neubau in neuer Trasse soll mit einer 380 kV Doppelleitung eine neue Verbindung von Aschaffenburg nach Urberach realisiert werden. Die Inbetriebnahme ist für 2035 geplant. Es wurde noch kein Genehmigungsverfahren beantragt.

Ausbauzustand nach dem 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 225 Kilometern Wahle in Niedersachsen mit Mecklar in Nordhessen verbindet und wovon insgesamt 185 Kilometer fertiggestellt sind (31.03.2023). 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 Teilabschnitt ist 66 Kilometer lang und befindet sich seit dem zweiten Quartal 2018 in Bau. Die Bauarbeiten auf diesem Abschnitt liegen im Zeitplan und werden im September 2023 abgeschlossen sein. Aufgrund von Verzögerungen im südlichsten niedersächsischen Planungsabschnitt C kann die Gesamtinbetriebnahme der Leitung erst im Jahr 2024 erfolgen. Die weiteren in bzw. durch Hessen verlaufenden drei EnLAG-Vorhaben sind bereits seit Jahren in Betrieb und ebenfalls in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16: Merkmale der in Hessen verlaufenden Vorhaben nach EnLAG zum 15.07.2023

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

Quelle: BNetzA 2023f (abgerufen am 17.07.2023).

Netzoptimierende Maßnahmen

Mit netzoptimierenden Maßnahmen soll eine höhere Auslastung des Übertragungsnetzes ermöglicht werden. Hierzu zählen lastflusststeuernde Maßnahmen, Netzbooster-Pilotanlagen¹⁸, Freileitungsmonitoring und der Einsatz von Hochtemperaturleiterseilen. Folgende Maßnahmen sind für vollständig bzw. teilweise durch Hessen verlaufende Leitungen mit Stand 31. März 2023 umgesetzt bzw. geplant (BNetzA 2023e):

- Die lastflusststeuernde Maßnahme Twistetal (NEP-Projekt P353 mit NEP-Maßnahme M532) sieht die Errichtung eines Phasenschiebertransformators (PST) am Standort Twistetal vor, um die Leistungsflüsse auf den Leitungen in Richtung Borken steuern zu können. Vorhabenträger ist TenneT, die Inbetriebnahme ist für 2028 geplant.
- Die Übertragungskapazität von Freileitungen wird durch die maximale Betriebstemperatur des Leiterseils begrenzt, die vom Stromfluss im Leiter und den klimatischen Umgebungsbedingungen abhängt. Bei niedrigen Umgebungstemperaturen kann die Übertragungskapazität erhöht werden. Mit dem Freileitungsmonitoring (FLM) werden die Witterungsbedingungen am Leiterseil erfasst, um z. B. bei niedriger Umgebungstemperatur die Leiter höher auszulasten.

Beim FLM werden drei Betriebsfälle unterschieden.

- Bestandsoptimierend: unterschiedliche Grenzwerte für Sommer und Winter
- Statische Grenzwerte: Betrieb maximal mit zulässigem DIN-Grenzwert, kein witterungsabhängiger Betrieb.
- Potenzialoptimierend: Betrieb in Abhängigkeit der umgebenden Witterungsbedingungen

Von den für die hessischen Stromleitungen zuständigen ÜNB TenneT und Amprion wird ein Anteil von potenzialoptimierenden FLM an der gesamten Stromkreislänge in Deutschland von 33 Prozent bzw. 42 Prozent gemeldet.

- Hochtemperaturleiterseile ermöglichen mit Temperaturen von 150 °C bis 210 °C eine höhere Betriebstemperatur als bei Standardleitern zulässig sind (80 °C). In Hessen befinden sich die Hochtemperaturleiter für die Abschnitte Borken – Twistetal (BBPIG-Vorhaben 45) und Borken – Mecklar (BBPIG-Vorhaben 43) in Bau. Als weitere Vorhaben sind Vieselbach – Mecklar (BBPIG-Vorhaben 12), Borken – Karben (BBPIG-Vorhaben 65), Großkrotzenburg – Urberach (BBPIG-

Vorhaben 66) sowie Bürstadt – Landesgrenze HE / RP (NEP P310/M485) in Planung.

Verteilernetz

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 2023i). 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.

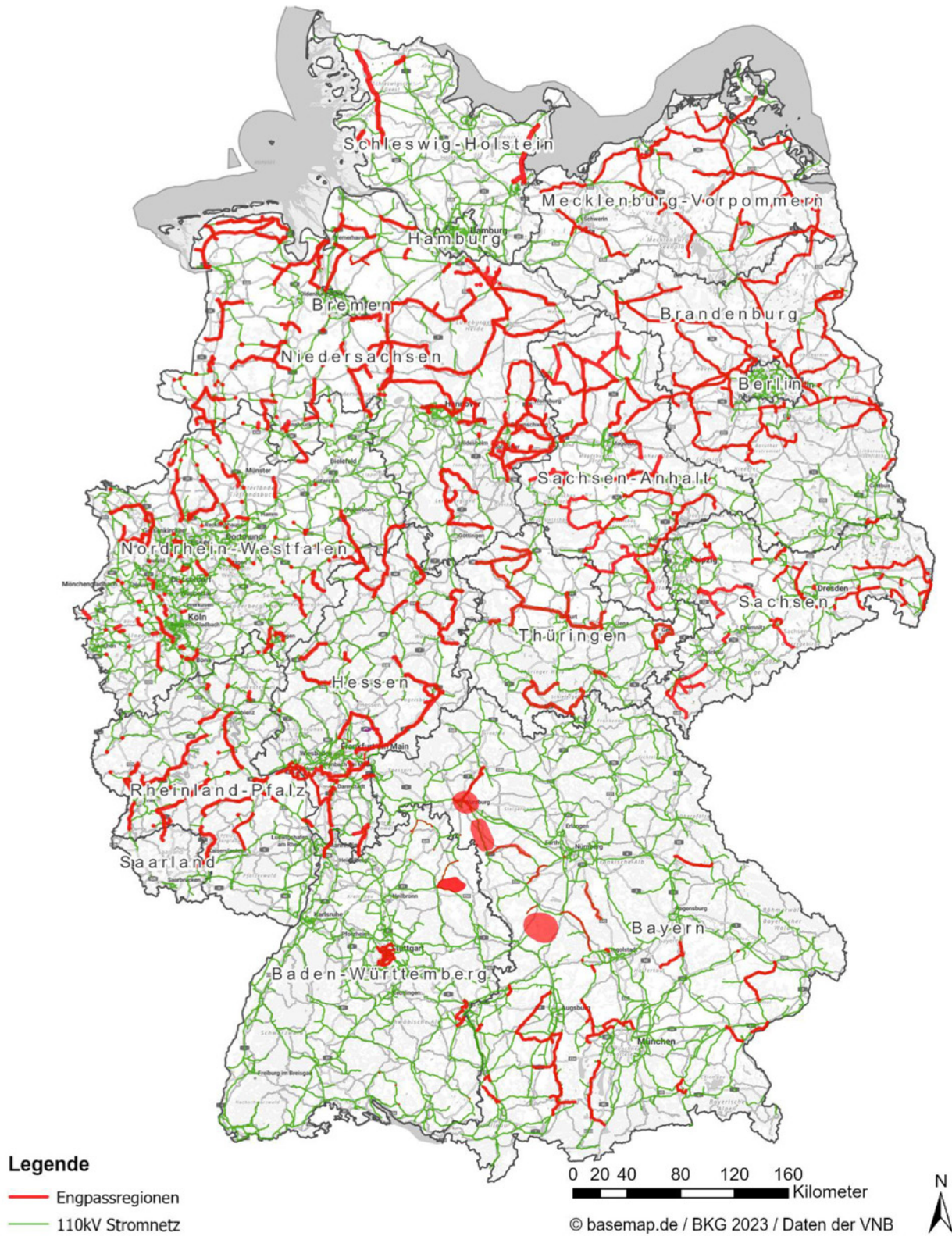
Durch den Umbau der Energiesysteme steigt die Stromeinspeisung in die Verteilernetze. Immer mehr Stromverbraucher sind auch Produzenten und speisen Strom in die Netze ein. Auch neue Verbrauchseinrichtungen wie Elektrofahrzeuge und elektrische Wärmepumpen stellen neue Anforderungen an das regionale Verteilernetz.

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

In Abbildung 49 sind das Hochspannungsnetz in Deutschland (grün: 110-kV-Hochspannungsleitungen) und die von den Netzbetreibern im Jahr 2022 gemeldeten Engpassleitungen (rot) dargestellt. Wie bereits in den Vorjahren sind überwiegend im Norden und im Osten Deutschlands Engpässe zu beobachten, wo ein großer Zubau an Windenergieanlagen stattfindet. In Hessen werden Engpässe insbesondere in der Rhein-Main-Region ausgewiesen. Das hessische Verteilernetz bedienende Hochspannungsnetzbetreiber, die einen Ausbaubedarf erwarten, sind Westnetz GmbH, NRM Netzdienste Rhein-Main GmbH, Syna GmbH und Energienetze Offenbach GmbH (BNetzA 2023o).

18 In Planung befinden sich die Netzbooster-Pilotanlagen Audorf Süd und Ottenhofen zur Höherauslastung des Übertragungsnetzes.

Abbildung 49: Hochspannungsleitungen und Engpassregionen in Deutschland 2022



7.3 Digitalisierung der Stromnetze

Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien wird die Stromerzeugung volatiler und die Anforderungen an einen sicheren und effizienten Netzbetrieb steigen. Die Komplexität des Energiesystems hat zugenommen: Statt weniger zentraler Kraftwerke gibt es eine Vielzahl dezentraler, größtenteils wetterabhängiger erneuerbarer Erzeugungsanlagen. Der Wärme- und der Mobilitätssektor, beide bislang auf Basis fossiler Energieträger betrieben, werden 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. Mit intelligenten Systemen zur Messung und Steuerung des Energieverbrauchs („smart meter“) wird ein schneller Austausch von Daten zu Stromerzeugung und Stromverbrauch ermöglicht. Smart Meter messen nicht nur den Stromverbrauch und die in das Stromnetz eingespeiste Strommenge, sondern versorgen die Netzbetreiber auch mit wichtigen Informationen, um Erzeugung, Netzbelastung und Verbrauch aufeinander abstimmen zu können.

Im Jahr 2020 waren bundesweit 9,5 Mio. Messlokationen mit einer modernen Messeinrichtung ausgestattet. Im Jahr 2019 lag die Vergleichszahl noch bei 5,8 Mio. (BNetzA, BKartA 2022a). Aufgrund der Notwendigkeit einer Marktanalyse und Markterklärung durch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), der Drei-Hersteller-Regel und auch pandemiebedingten Schwierigkeiten bei der Lieferung der notwendigen Geräte kam es zu Verzögerungen beim Smart-Meter-Rollout.

Am 20. April 2023 wurde vom Bundestag das Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende beschlossen und am 12. Mai 2023 vom Bundesrat gebilligt (BMWK 2023b). Ziel des Gesetzes ist es, den Smart-Meter-Rollout als Voraussetzung für ein intelligentes Stromnetz nachhaltig zu beschleunigen und Verfahren zu vereinfachen. Bis 2032 sollen Smart Meter flächendeckend bei Unternehmen und Haushalten zum Einsatz kommen. Es wurde ein Fahrplan für den Smart-Meter-Rollout mit gesetzlich verbindlichen Zielen und definiertem Zeitrahmen festgelegt (BMWK 2023f). Ab 2025 sind alle Verbraucher mit 6.000 bis 100.000 kWh/Jahr und alle Anlagenbetreiber mit 7 bis 100 kW zum Einbau von Smart Meter verpflichtet. Bis Ende 2025 müssen mindestens 20 Prozent, bis Ende 2028 mindestens 50 Prozent und bis Ende 2030 mindestens 95 Prozent der entsprechenden Verbraucher und Anlagenbetreiber mit einem Smart Meter ausgestattet sein. Ab 2025 müssen alle Stromversorger dynamische Tarife anbieten. Dadurch können Verbraucher ihren Stromverbrauch in kostengünstigere Zeiten mit hoher Erzeugung verlagern.

Digitalisierung im Verteilernetz

Infolge der wachsenden Zahl von dezentralen Einspeisern und steuerbaren Verbrauchern gewinnt die Digitalisierung im Verteilernetz an Bedeutung. Bei rund 90 Prozent der von der Bundesnetzagentur befragten Netzbetreiber liegen die Netzpläne in allen Spannungsebenen vollständig in digitaler Form vor. Es erfolgt zunehmend eine Erfassung des Netzes über Netzberechnungsprogramme, die dabei unterstützen, die Funktionsfähigkeit und Effizienz des Netzes zu verfolgen. Perspektivisch werden bei der Netzausbauplanung Daten aus intelligenten Messsystemen eine Rolle spielen. Den Netzkunden werden von vielen Verteilernetzbetreibern digitale Schnittstellen wie Onlineportale oder Apps z. B. für Netzanschlussfragen angeboten. Der Einsatz künstlicher Intelligenz z. B. für Netzplanung, Netzauslastungsprognosen, vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance), Sicherheitsmaßnahmen (Cybersecurity) erfolgt bislang nur vereinzelt (BNetzA 2023o).

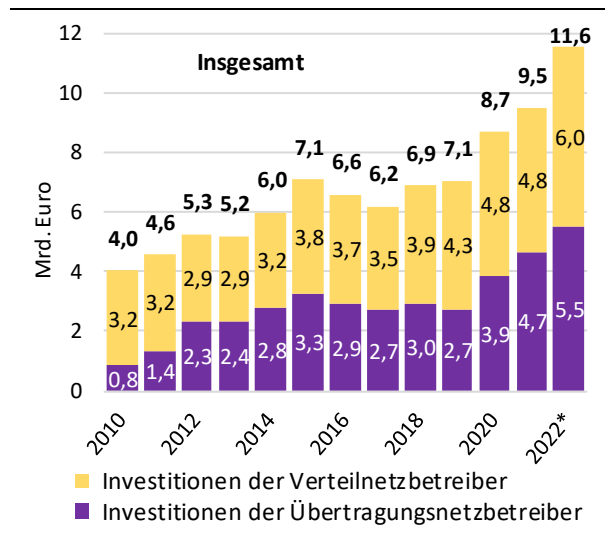
7.4 Investitionen in Stromnetze

Im Jahr 2021 investierten die Netzbetreiber insgesamt Mittel in Höhe von 9,5 Mrd. Euro in den Ausbau der deutschen Stromnetze (vgl. Abbildung 50). Der Planwert in Höhe von 10,0 Mrd. Euro konnte damit zwar nicht erreicht werden, gegenüber dem Vorjahr ist jedoch eine Steigerung von 0,8 Mrd. Euro bzw. +9,2 Prozent zu verzeichnen. (BNetzA, BKartA 2022a und 2022b, HMWEVW 2022).

Der Anstieg der Investitionen gegenüber dem Vorjahr ging ausschließlich auf die Investitionstätigkeit der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) zurück. Deren Investitionen in den Ausbau der Stromnetze lagen bei 4,7 Mio. Euro, das waren 0,8 Mrd. Euro bzw. rund 20 Prozent mehr als im Vorjahr. Damit wurde ein neuer Rekordwert erreicht. Allerdings blieb die Investitionssumme unter dem Planwert für 2021 in Höhe von 4,9 Mrd. Euro. Die Investitionen der Verteilnetzbetreiber (VNB) verharrten im Jahr 2021 mit 4,8 Mrd. Euro auf dem Niveau von 2020. Sie lagen damit ebenfalls unter dem Planwert, der bei 5,1 Mrd. Euro lag.

Für das Jahr 2022 liegt der Planwert der Netzbetreiber bei insgesamt 11,6 Mrd. Euro. Dies bedeutet eine weitere Zunahme des Investitionsvolumens um 21 Prozent. Insbesondere der von den VNB für 2022 geplante Betrag in Höhe von 6,0 Mrd. Euro stellt mit einem Plus von 1,2 Mrd. Euro bzw. +25 Prozent eine deutliche Ausweitung der Investitionstätigkeit dar. Aber auch die ÜNB planen weitere Zuwächse. Die geplante Investitionssumme liegt bei 5,5 Mrd. Euro, das sind 0,8 Mrd. Euro bzw. 17 Prozent mehr als im Jahr 2021 (BNetzA, BKartA 2022a).

Abbildung 50: Investitionen in die Stromnetze in Deutschland 2010-2022 (in Mrd. Euro)



* Plandaten

Quelle: BNetzA, BKartA 2022a.

7.5 Gasnetz

Im Jahr 2022 lag der Anteil von Gas am Primärenergieverbrauch bei 24,0 Prozent, der Anteil am Endenergieverbrauch bei 19,0 Prozent. Somit ist der Energieträger Gas für Hessen eine wesentliche Komponente der Energieversorgung (siehe Kapitel 3). Gas wird insbesondere zur Beheizung von Gebäuden genutzt, aber auch zur Stromproduktion eingesetzt. Zudem dient Gas als Grundstoff insbesondere für die Chemische Industrie sowie als Kraftstoff im Verkehrssektor.

Rund 95 Prozent des Erdgasverbrauchs in Deutschland werden durch Erdgasimporte gedeckt (AGEB 2023b). Rückgrat des Gastransportsystems in Deutschland bildet das Fernleitungsnetz mit einer Länge von ca. 40.000 Kilometern (FNB Gas 2023). Die Gesamtlänge von Fernleitungs- und Verteilungsnetz in Deutschland liegt bei rund 511.000 Kilometern (BMWK 2022a). Mehrere großräumige Rohrleitungen verlaufen durch Nord-, Mittel- und Südhessen und binden die in Hessen liegenden Untertagespeicher in Reckrod, Stockstadt und Hähnlein an das deutsche Gasnetz an. Die Länge des hessischen Gasverteilernetzes betrug zum 31. Dezember 2020 insgesamt 28.443 Kilometer. Differenziert nach Druckstufen entfielen im hessischen Gasnetz 6.430 Kilometer auf Hochdruckleitungen, über die die Verteilung des Erdgases mit einem Gasdruck über 1 Bar in regionale Verteilungsnetze erfolgt. 11.234 Kilometer entfielen auf örtliche Mitteldruckleitungen mit unter 1 Bar und 11.630 Kilometer auf Niederdruckleitungen für Hausanschlüsse mit einem Druck von unter 100 Millibar (LDEW 2022).

7.6 Wärmenetz

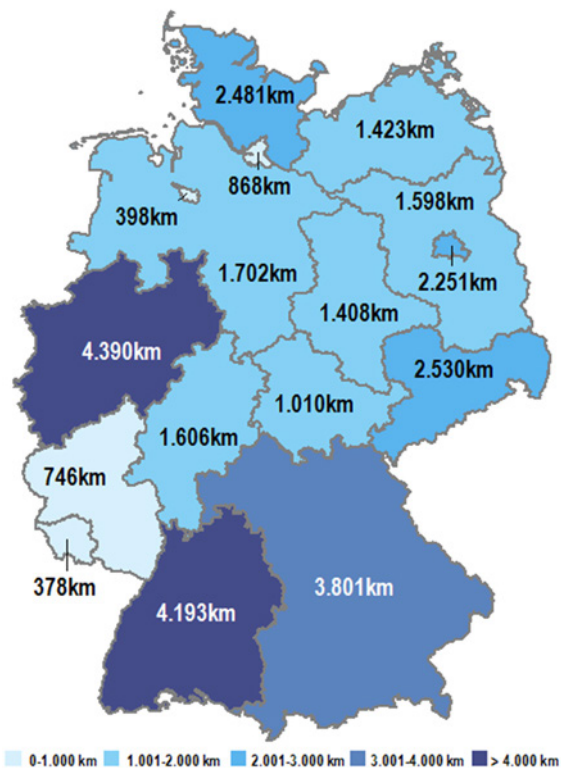
Ein wichtiger Baustein zum Erreichen der Klimaschutzziele ist die Nutzung von Fernwärme aus erneuerbaren Energien zum Heizen von Gebäuden. Bislang kommt die Fernwärme jedoch noch überwiegend aus KWK-Anlagen und Heiz- und Heizkraftwerken durch Verbrennung von Kohle und Erdgas. Der Anteil erneuerbarer Energien an der Nettowärmeerzeugung lag in Deutschland im Jahr 2022 nach vorläufigen Zahlen des BDEW bei 18,7 Prozent, davon 10,1 Prozent aus Biomasse, 7,6 Prozent aus biogenem Siedlungsabfall und 1,0 Prozent aus Geo- und Solarthermie (BDEW 2023c). Der Aus- und Umbau der Wärmenetze ist daher von hoher Bedeutung für das Gelingen der Wärmewende.

Gemäß den Ergebnissen des Wärmegipfels der Bundesregierung mit Vertretern der Wärmewirtschaft am 12. Juni 2023 soll der Ausbau der Wärmenetze beschleunigt werden. In der gemeinsamen Erklärung ist festgehalten, dass Wärmenetze eine kosteneffiziente und klimaneutrale Lösung für die Wärmeversorgung von Gebäuden und Stadtquartieren bieten, da der Wärmebedarf ohne größeren Umbau der Gebäude aus zentralen Quellen gedeckt wird. Sie können verschiedene erneuerbare Energiequellen und Abwärme in die Wärmeversorgung integrieren und effizient die Nutzung von Strom und Wärme miteinander verbinden. Ziel ist es, bis 2030 die Hälfte der Wärme in den Netzen klimaneutral zu erzeugen und bis spätestens 2045 sollen alle Wärmenetze vollständig dekarbonisiert werden. Die verabschiedete Erklärung enthält ein Bündel an Maßnahmen zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien, wie den Bau von Anlagen zur Nutzung von Geothermie, Solarthermie sowie von Großwärmepumpen und die verstärkte Nutzung von Abwärme von Industrie und Rechenzentren für die leitungsgebundene Wärmeversorgung (BMWK 2023h).

Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK (AGFW) erhebt regelmäßig Daten zum Wärmemarkt bei seinen Mitgliedsunternehmen. Angaben der Verbandserhebung zu den Fernwärmenetzen in Hessen wurden in den bisherigen Monitoringberichten dargestellt. Allerdings ist mit diesen Daten der Wärmemarkt nicht vollständig abgebildet, zudem variiert die Beteiligung der Unternehmen an der Befragung von Jahr zu Jahr, womit zeitliche Vergleiche nur sehr eingeschränkt möglich sind. Im AGFW-Hauptbericht 2021 wurden erstmals auch Angaben über den gesamten Fernwärmemarkt bereitgestellt, da neue Datenquellen erschlossen und aufbereitet werden konnten. Für die Bundesländer liegen damit erstmals vollständige Angaben zur Netzlänge vor.

In Hessen betrug im Jahr 2020 die Wärmenetzlänge insgesamt 1.606 km (vgl. Abbildung 51) AGFW 2022).¹⁹ Bezogen auf die Bevölkerung lag die Netzlänge bei 0,26 Metern je Einwohner und damit in ähnlicher Höhe wie in Baden-Württemberg (0,29 m/Einwohner), Nordrhein-Westfalen (0,24 m/Einwohner) oder Niedersachsen (0,21 m/Einwohner). Die mit Abstand höchsten Werte erreichten Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern mit mehr als 0,8 Metern je Einwohner. Ebenfalls hohe Werte mit über 0,6 Metern je Einwohner wiesen Berlin, Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt auf.

Abbildung 51: Wärmenetzlänge in den Bundesländern im Jahr 2020

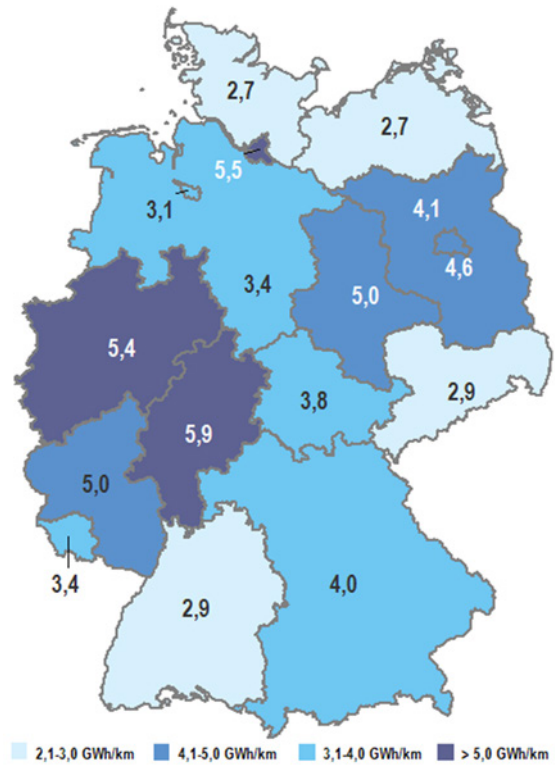


Quelle: AGFW 2022.

Die mittlere Wärmelinienichte der Bestandsnetze beträgt in Hessen 5,9 GWh/km, was bundesweit den höchsten Wert darstellt. Bei diesem Indikator wird die Netzlänge ins Verhältnis zur erzeugten Wärmemenge gesetzt. Je höher also der Wert ist, umso mehr Wärme wird je Netzkilometer abgesetzt und umso rentabler ist das Netz.

Aus Abbildung 52 ist ersichtlich, dass in Bundesländern mit einer relativ hohen Bevölkerungsdichte die Wärmelinienichte höher ist als in dünner besiedelten Bundesländern wie Mecklenburg-Vorpommern oder Schleswig-Holstein.

Abbildung 52: Mittlere Wärmelinienichte in den Bundesländern im Jahr 2020



Quelle: AGFW 2022.

¹⁹ Nach den Ergebnissen der Erhebung bei den Verbandsmitgliedern lag die Netzlänge im Jahr 2020 bei 1.176 km.

8

Verkehr und Elektromobilität



8 Verkehr und Elektromobilität

Mit der Eindämmung der Corona-Pandemie im Verlauf des Jahres 2022 konnten weltweit die Infektionsschutzmaßnahmen gelockert und die Reiserestriktionen abgebaut werden. Dies ging einher mit einer Wiederbelebung des Reiseverkehrs, insbesondere aber mit einer rasanten Erholung des Welthandels und des damit verbundenen Wirtschaftsverkehrs. So erreichte das Welthandelsvolumen im Jahr 2022 mit insgesamt 32 Billionen US-Dollar ein Rekordvolumen (Unctad 2023). Der Handel an Gütern belief sich dabei auf 25 Billionen US-Dollar und erhöhte sich um ca. 10 Prozent. Auf den Handel mit Dienstleistungen entfielen 7 Billionen US-Dollar, ein Plus von rund 15 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Diese positive Entwicklung trifft auch für Hessen zu, das nach ersten vorliegenden Ergebnissen im Jahr 2022 Güter für 79,5 Mrd. Euro ausführte, ebenfalls ein deutliches Plus von 15,0 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Auch die Entwicklung auf der Importseite zeigte sich lebhaft mit einem Anstieg der hessischen Einfuhr um 10,1 Prozent.

Infolge des Angriffskrieges von Russland gegen die Ukraine haben sich die Rahmenbedingungen für den Weltmarkt zum Jahresende jedoch eingetrübt. Die unmittelbar nach Kriegsausbruch einsetzenden Preiserhöhungen von Energierohstoffen führten zu einem Anstieg des allgemeinen Preisniveaus von weltweit 8,7 Prozent im Jahresdurchschnitt 2022, was in etwa auch dem Anstieg der Lebenshaltungskosten in Hessen um 8,0 Prozent entspricht (HSL 2023f). Da viele Zentralbanken zur Inflationsbekämpfung sukzessive ihre Leitzinsen erhöht haben, ist weltweit das Zinsniveau angestiegen, was sich im vierten Quartal 2022 wiederum dämpfend auf die wirtschaftliche Entwicklung und den Welthandel auswirkte.

8.1 Endenergieverbrauch im Verkehrssektor

Die Expansion des Welthandels sowie die spürbare Belebung des Reiseverkehrs haben die Nachfrage nach Transportdienstleistungen und damit auch den Energieverbrauch des Verkehrssektors deutlich ansteigen lassen. So schätzt das IE-Leipzig für das Jahr 2022 einen Endenergieverbrauch (EEV) des Verkehrssektors in Höhe von 340,1 PJ. Dies bedeutet eine Zunahme um 51,2 PJ bzw. 17,7 Prozent gegenüber dem Vorjahr (siehe Abbildung 53).²⁰

Treiber dieser dynamischen Entwicklung war vor allem der Luftverkehr, dessen Treibstoffverbrauch sich um schätzungsweise 49,3 PJ bzw. 44,3 Prozent erhöht hat. Mit 160,7 PJ lag der Energieverbrauch des Luftverkehrs aber noch um rund 20 Prozent unter dem Vorkrisenniveau. Dies spiegelt sich in der Entwicklung der Passagierzahlen wider: So bezifferte sich im Jahr 2022 die Zahl der Passagiere am Flughafen Frankfurt auf rund 48,9 Millionen, fast doppelt so viele wie im Vorjahr (+97,2 %).

Verglichen mit dem Vorkrisenniveau von 2019 wurde das Passagieraufkommen aber noch um fast ein Drittel unterschritten (-30,7 %). Rückläufig war auch das Frachtaufkommen, das am Flughafen Frankfurt mit 2,0 Mio. Tonnen um 13,3 Prozent niedriger als im Vorjahr ausfiel. Insgesamt erhöhte sich die Zahl der Flugbewegungen um 45,9 Prozent auf 382.211 Flüge im Jahr 2022.

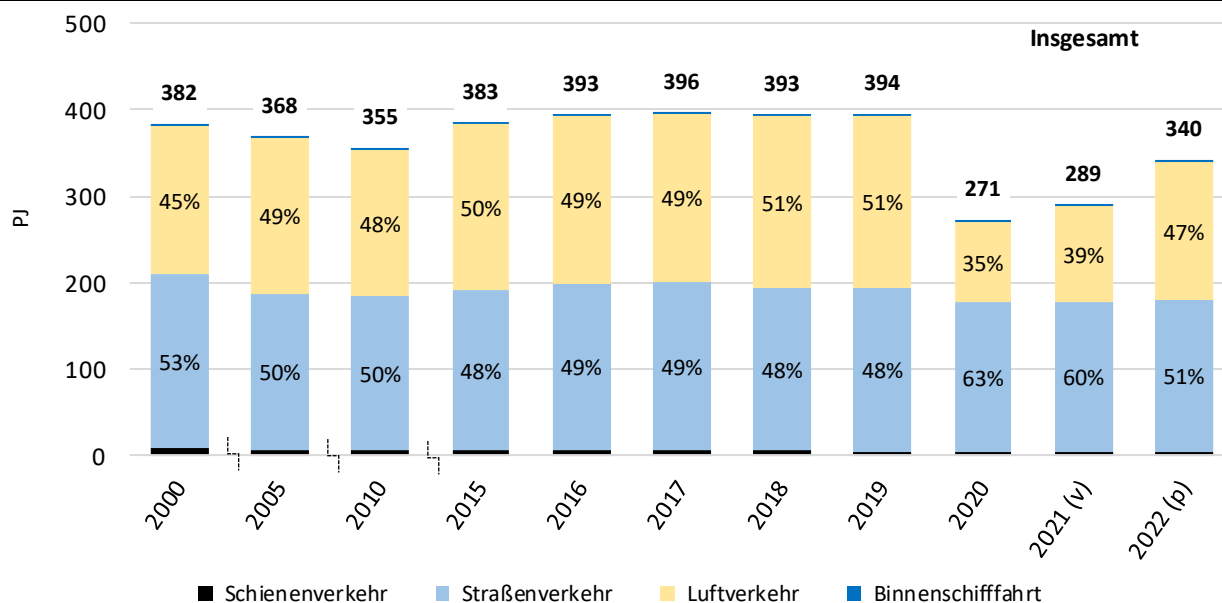
Zu beachten ist, dass der weitaus größte Teil des am Flughafen Frankfurt getankten Kerosins für den internationalen Luftverkehr außerhalb der hessischen Landesgrenzen eingesetzt wird. Die Erfassung des gesamten Verbrauchs erfolgt gemäß dem Standortprinzip, das für die Erstellung der Energiebilanzen der Bundesländer und des Bundes angewendet wird, im EEV von Hessen.²¹

Im Straßenverkehr hat der Energieverbrauch leicht zugenommen. Der Jahresverbrauch 2022 dürfte mit 173,9 PJ etwa 1,8 PJ bzw. 1,0 Prozent höher als im Vorjahr ausfallen und liegt damit aber noch um rund 8,0 Prozent unter dem Niveau des Jahres 2019, also vor der Corona-Pandemie. Im Schienenverkehr hat sich der Energieverbrauch um 0,2 PJ (+4,3 %) erhöht, die Binnenschifffahrt verzeichnete abermals einen Verbrauchsrückgang in Höhe von 0,1 PJ bzw. 10,9 Prozent. Durch die starke Expansion des Luftverkehrs wird fast wieder die anteilige Zusammensetzung des EEV nach den einzelnen Verkehrsträgern wie im Vor-Corona-Jahr 2019 erreicht: So entfiel im Jahr 2022 wieder jeweils fast die Hälfte (47 %) des gesamten Energieverbrauchs des Verkehrssektors auf den Luftverkehr und den Straßenverkehr (51 %). Die Anteile des Schienenverkehrs und der Binnenschifffahrt fallen demgegenüber mit 1,4 Prozent bzw. 0,2 Prozent sehr gering aus.

20 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.

21 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).

Abbildung 53: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Verkehrsträgern 2000-2022
(in PJ, Anteilswerte in %)



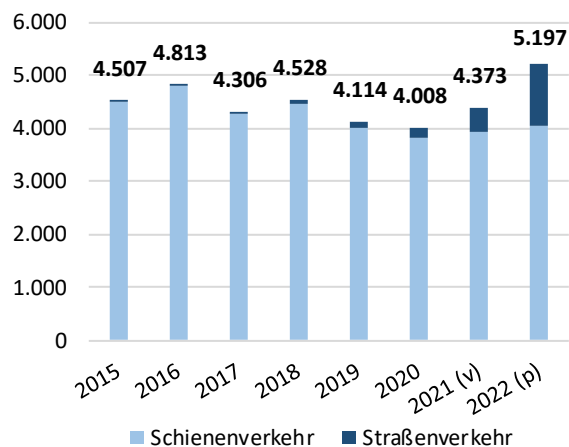
Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

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

Im Jahr 2021 wurden insgesamt 5,2 PJ Strom für Mobilitätszwecke verbraucht, was einer Steigerung von 0,8 PJ bzw. 18,9 Prozent gegenüber dem Vorjahr entspricht (siehe Abbildung 54). Dabei wurden im Schienenverkehr 4,0 PJ an Strom verbraucht, 0,1 PJ bzw. 2,3 Prozent mehr als im Vorjahr. Im Straßenverkehr stieg der Stromverbrauch von 0,4 auf 1,2 PJ und hat sich damit binnen Jahresfrist fast verdreifacht (+174 %). Trotz dieser hohen Dynamik des Stromverbrauchs im Straßenverkehr spielt Strom mit einem Anteil von 1,5 Prozent am Gesamtenergieverbrauch im Verkehrssektor jedoch nach wie vor eine geringe Rolle.

In Abbildung 55 ist die Entwicklung des EEV im Verkehrssektor differenziert nach allen Energieträgern dargestellt. Die in Hessen hohe Bedeutung des Luft- und Straßenverkehrs spiegelt sich hier wider. So ist der Mineralölverbrauch 2022 um insgesamt 50,4 PJ bzw. 18,4 Prozent angestiegen, womit 95,5 Prozent des gesamten EEV des Verkehrssektors auf Mineralölprodukte entfallen.

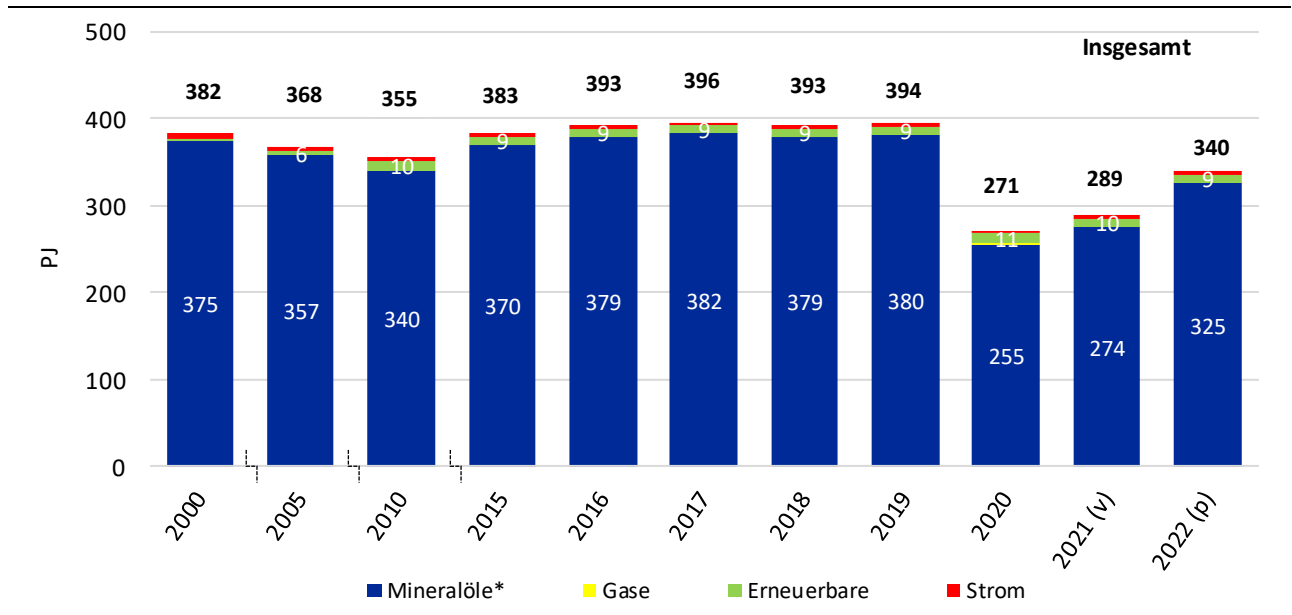
Abbildung 54: Stromverbrauch für Mobilität 2015-2022 (Angaben in TJ)



Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023, Berechnungen der Hessen Agentur; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Ebenfalls leicht gestiegen ist im Jahr 2022 der Verbrauch von Gasen (+0,05 PJ bzw. +6,6 %), wohingegen der Verbrauch von Biokraftstoffen leicht abnahm (-0,1 PJ bzw. -1,1 %, siehe dazu auch die Erläuterungen in Kapitel 4.2). Auf Gase entfiel im Jahr 2022 ein Anteilswert von 0,2 Prozent, auf Biokraftstoffe ein Anteilswert von 2,8 Prozent.

Abbildung 55: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Energieträgern 2000-2022
(in PJ)



* einschl. Flüssiggas.

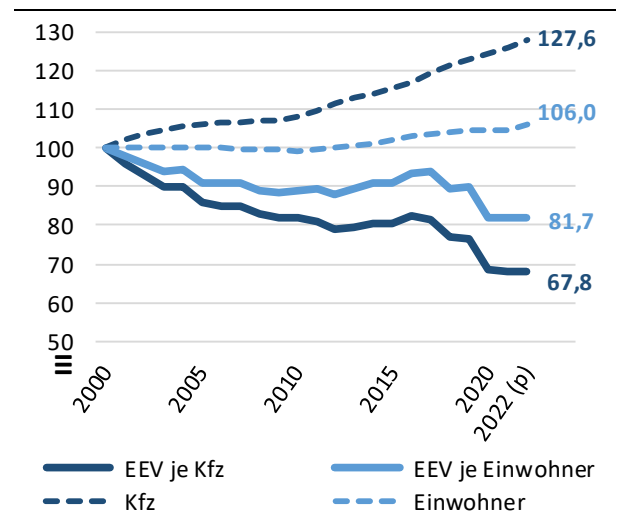
Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

Spezifischer Endenergieverbrauch im Straßenverkehr

In Abbildung 56 werden die Entwicklungen der Anzahl der Kraftfahrzeuge, der Einwohner sowie der spezifischen EEV des Straßenverkehrs, bezogen zum einen auf die Einwohnerzahl und zum anderen auf den Kraftfahrzeugbestand, aufgezeigt.²² 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 6,0 Prozent gestiegen ist und sich die Zahl der Kraftfahrzeuge im gleichen Zeitraum sogar um 27,6 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 56: Spezifischer Endenergieverbrauch im Verkehrssektor 2000-2022, Anzahl der Kraftfahrzeuge und der Einwohner (Index 2000 = 100)



Quelle: HSL 2023a, IE-Leipzig 2023, Berechnungen der Hessen Agentur; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

²² 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, Kraftmäder, 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. Insgesamt sank der Pro-Kopf-Energieverbrauch des Straßenverkehrs von 33,2 Gigajoule (GJ) im Jahr 2000 auf 27,3 GJ im Jahr 2022, was einem Rückgang von 18,3 Prozent entspricht. Der Kfz-spezifische Energieverbrauch war mit einem Rückgang von knapp 55,7 GJ im Jahr 2000 auf 37,8 GJ sogar noch stärker rückläufig (-32,2 %).

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

Rebound-Effekte

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

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

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

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

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

Fahrleistung mautpflichtiger Lkw auf hessischen Autobahnen im Jahr 2022

Neben dem Luftverkehr ist auch der Straßengüterverkehr für das Transitland Hessen von großer Bedeutung. Da jedoch auf der Ebene von Bundesländern keine amtlichen Statistiken über die Menge der transportierten Güter erhoben werden, werden im Folgenden ersatzweise die vom Bundesamt für Güterverkehr (BAG) veröffentlichten Mautdaten herangezogen.²³ Diese Daten liegen seit April 2017 im monatlichen Turnus für jeden für Lastkraftwagen (Lkw) mautpflichtigen Straßenabschnitt vor. Mit diesen Informationen wurde erstmals im Monitoringbericht 2019 die Belastung der hessischen Autobahnen

durch den Lkw-Verkehr für das Jahr 2018 dargestellt und seither jährlich aktualisiert. Anzumerken ist, dass seit dem Jahr 2021 die A38 nicht mehr für Hessen ausgewiesen wird, da diese sogenannte Südharzautobahn Leipzig und Göttingen verbindet und nur wenige Kilometer durch Hessen führt. Durch den Auswertungsalgorithmus wurde diesem Teilstück eine überproportional hohe Fahrleistung zugeordnet, die überwiegend nicht in Hessen erbracht wird.

In Tabelle 17 sind für alle Autobahnen in Hessen die Fahrleistungen im Jahr 2022 zusammengestellt. Insgesamt erstreckt sich das Autobahnnetz in Hessen auf rund

²³ 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.

1.000 Kilometer Gesamtlänge. Dies entspricht 7,7 Prozent der gesamten Autobahnstrecken in Deutschland, die sich auf knapp 13.200 Kilometer addieren.

Im Jahr 2022 wurde von mautpflichtigen Lkw in Hessen eine Fahrleistung von insgesamt gut 3 Mrd. Kilometern

zurückgelegt. Das ist eine Abnahme gegenüber dem Vorjahr von 58 Mio. Kilometern bzw. 1,9 Prozent.

Tabelle 17: Fahrleistungen mautpflichtiger Lkw auf hessischen Autobahnen 2022

Autobahn	Länge der Autobahn in km in Hessen	Fahrleistung in 1.000 km	Fahrleistung je Autobahnkilometer
A3	106	576.499	5.441.236
A4	50	153.078	3.073.859
A5	178	696.446	3.919.222
A6	11	35.453	3.179.638
A7	125	579.973	4.652.815
A44	66	217.032	3.313.464
A45	121	280.065	2.306.011
A49	56	46.980	834.462
A60	11	34.835	3.255.569
A66	126	150.966	1.200.048
A67	58	174.712	2.996.782
A480	20	22.355	1.095.842
A485	18	19.794	1.075.756
A643	3	1.573	552.103
A648	5	1.702	362.064
A659	5	3.702	747.959
A661	39	36.504	945.687
A671	11	10.168	907.826
A672	2	761	380.337
Hessen insgesamt	1.010	3.042.598	Ø: 3.011.281
Deutschland insgesamt	13.187	34.921.606	Ø: 2.648.189
Hessen in Bezug auf Deutschland	7,7%	8,7%	113,7%

Quelle: BAG 2023, BASt 2023, Auswertung der Hessen Agentur.

Die deutschlandweit auf Autobahnen insgesamt zurückgelegte Fahrleistung beziffert sich auf 34,9 Mrd. Kilometer, 141,5 Mio. Kilometer (-0,4 %) weniger als im Vorjahr. Der Anteil der Fahrleistungen von Lkw in Hessen an Deutschland sank weiter leicht auf 8,7 Prozent, nachdem dieser 2021 bei 8,8 Prozent, 2020 bei 8,9 Prozent und 2019 noch bei 9,1 Prozent gelegen hatte.

Je Autobahnkilometer errechnen sich im Jahr 2022 für Hessen gut 3,0 Mio. und für Deutschland gut 2,6 Mio. erfasste Lkw-Bewegungen. Dies entspricht einer relativen Abnahme gegenüber dem Vorjahr von 3,4 Prozent in Hessen und einer geringen Zunahme von 0,1 Prozent in

Deutschland. Damit reduzierte sich die spezifische Belastung je Autobahnkilometer auf 113,7 (117,7 im Vorjahr), d. h. jeder Autobahnkilometer in Hessen wird im Schnitt um 13,7 Prozent mehr frequentiert als dies im Bundesdurchschnitt der Fall ist.

Mit insgesamt 178 Kilometern ist die Bundesautobahn A5 die längste durch Hessen verlaufende Autobahn, gefolgt von der A66 mit 127 Kilometern, der A7 mit 125 und der A45 mit 121 Kilometern. Die mit über 696 Mio. gefahrenen Kilometern größte Fahrleistung von mautpflichtigen Lkw wurde im Jahr 2022 auf der A5 zurückgelegt, gefolgt von der A7 mit 580 Mio. Kilometern und

der A3 mit 576 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 2022 das mit Abstand höchste Lkw-Aufkommen mit gut 5,4 Mio. Lkw-Bewegungen je Autobahnkilometer hatte (Vorjahr 5,3 Mio.). Es folgen die A7 mit 4,7 Mio. (Vorjahr 4,5 Mio.) und die A5 mit 3,9 Mio. (Vorjahr 4,1 Mio.) Lkw-Bewegungen je Autobahnkilometer.

Die niedrigsten Lkw-Belastungen auf Autobahnen in Hessen haben die A648 und A672 mit 362.064 bzw. 380.337 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 2022 von mautpflichtigen Lkw insgesamt auf hessischen Autobahnen zurückgelegte Fahrleistung von 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 93 %) und B (S5 mit 5 % und EEV1 mit 1 %) umfassen. Im Vergleich zum Vorjahr ist abermals der Anteilswert der höchsten Kategorie S6 von 90 auf 93 Prozent angestiegen.

Auf große Lkw mit fünf und mehr Achsen entfallen 83,3 Prozent der gesamten in Hessen erfassten Fahrleistung. Im Vorjahresvergleich (83,5 %) ist dieser Anteilswert leicht gesunken. Ebenfalls leicht gesunken sind die Anteilswerte von Lkw mit vier Achsen (von 5,6 auf 5,4 Prozent) und mit drei Achsen (von 4,4 auf 4,3 Prozent). Demgegenüber hat sich der Anteilswert von kleinen Lkw mit zwei Achsen gegenüber dem Vorjahr von 6,4 auf 7,0 Prozent erhöht.

Tabelle 18: Fahrleistungen mautpflichtiger Lkw nach Schadstoffklasse und Achsklasse 2022 (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	255	104	107	197	663
E	S2	496	198	235	152	1.080
D	S3 oder S2 kombiniert mit PMK1/2/3/4*	2.849	1.243	1.386	3.096	8.575
C	S4 oder S3 kombiniert mit PMK2/3/4*	6.570	2.338	2.527	5.573	17.009
B	S5	29.557	16.023	14.671	97.233	157.485
B	EEV1**	3.447	2.732	1.837	27.402	35.418
A	S6	169.644	109.174	142.664	2.408.096	2.829.578
	Gesamt	212.818	131.813	163.426	2.541.749	3.049.808
	Anteil	7,0%	4,3%	5,4%	83,3%	100%

* PMK: Partikelminderungsklassen

** EEV1: Enhanced Environmentally Friendly Vehicle

Quelle: BAG 2023, BASt 2023, Auswertung der Hessen Agentur.

8.2 Elektromobilität

Nach ersten Berechnungen des HSL wurden in Hessen im Jahr 2021 für Verkehrsdienstleistungen 12,2 Mio. Tonnen CO₂ freigesetzt. Das waren 37,6 Prozent des gesamten hessischen CO₂-Ausstoßes (siehe Abbildung 62 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 ein wichtiges Ziel der Bundesregierung und der Hessischen Landesregierung. Zu den Fördermaßnahmen der Landesregierung im Bereich von Wasserstofftechnologien und der Elektromobilität in Hessen (siehe Kapitel 4 und Kapitel 10.4).

Pkw-Bestand in Hessen nach ausgewählten Antriebsarten

In Hessen waren zu Beginn des Jahres 2023 insgesamt gut 3,85 Mio. Pkw zugelassen (siehe Tabelle 19). Dies waren 40.063 Pkw bzw. 1,1 Prozent mehr als ein Jahr zuvor. Die einzelnen Antriebsarten haben dabei sehr unterschiedlich zu diesem Zuwachs beigetragen. Der Bestand an Diesel-Pkw war bereits das fünfte Jahr in Folge rückläufig und ist zuletzt um 32.313 Pkw (-2,8 %) gesunken. Der Bestand an Benzinern verringerte sich zum dritten Mal in Folge, zuletzt um fast 37.000 (-1,5 %). Zudem

setzte sich auch der rückläufige Trend gasbetriebener Fahrzeuge weiter fort (-434 bzw. -1,5 %). Dieser Abnahme in Höhe von insgesamt fast 70.000 Pkw mit fossilen Antrieben steht eine deutliche Zunahme der Pkw mit Elektroantrieb in Höhe von fast 110.000 Fahrzeugen gegenüber. Der Bestand rein strombetriebener Pkw stieg dabei um 40.615 (+73,2 %) auf 96.112 zum Jahresbeginn 2023. Aber auch die Zahl der Hybridantriebe mit Strom erhöhte sich deutlich um 68.857 (+44,7 %) auf 222.931 Pkw.

Nach Antriebsarten differenziert dominieren nach wie vor Benzin (62,3 %) und Diesel (28,6 %) den Pkw-Bestand mit zusammen 90,9 Prozent (93,7 Prozent im Vorjahr). Die restlichen 9,1 Prozent verteilen sich zu 5,8 Prozent auf Hybridfahrzeuge (Vorjahr: 4,0 %), zu 2,5 Prozent auf rein strombetriebene Pkw (Vorjahr: 1,5 %) und zu 0,8 Prozent auf gasbetriebene Pkw (Vorjahr: auch 0,8 %).

Tabelle 19: Personenkraftfahrzeuge in Hessen nach Antriebsarten zum Jahresbeginn 2010 und 2023 sowie im Vorjahresvergleich

Antriebsart	2010		2023		Veränderung 2010-2023		Veränderung 2022-2023	
	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %
Insgesamt	3.279.051		3.853.716		574.665	17,5%	40.063	1,1%
darunter:								
Benzin	2.357.597	71,9%	2.400.755	62,3%	43.158	1,8%	-36.875	-1,5%
Diesel	888.535	27,1%	1.103.747	28,6%	215.212	24,2%	-32.313	-2,8%
Gas	30.071	0,92%	29.236	0,76%	-835	-2,8%	-434	-1,5%
Elektro	153	0,005%	96.112	2,49%	95.959	x	40.615	73,2%
Hybrid	2.598	0,08%	222.931	5,78%	220.333	x	68.857	44,7%

x = keine Angabe, weil Aussage nicht sinnvoll

Quelle: KBA 2023, Angaben jeweils zum 1. Januar eines Jahres.

Zu der hohen Dynamik beim Absatz von Elektrofahrzeugen dürften die Kaufanreize der Bundesregierung für Pkw mit Elektroantrieb entscheidend mit beigetragen haben.²⁴ Bis zum 1. Mai 2023 wurden beim BAFA bundesweit fast 2 Mio. Anträge für den Umweltbonus eingereicht, 1.142.408 beim Kauf eines reinen Batterieelektrofahrzeugs, 804.821 Anträge für Plug-in-

Hybride und 449 Anträge für Brennstoffzellenfahrzeuge (BAFA 2023b).

Auf Hessen entfallen 177.403 bzw. 9,1 Prozent der Anträge, davon wiederum 95.632 Anträge für reine Batterieelektrofahrzeuge, 81.735 für Plug-in-Hybride und 36 Anträge für Brennstoffzellenfahrzeuge (siehe Tabelle 20).

²⁴ 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 erhalten Plug-in-Hybridfahrzeuge keine Förderung mehr durch den Umweltbonus. Seitdem beträgt die Förderung für batterieelektrische Fahrzeuge und Brennstoffzellenfahrzeuge mit Nettolistenpreis bis zu 40.000 Euro: 4.500 Euro; mit Nettolistenpreis zwischen 40.000 Euro und bis zu 65.000 Euro: 3.000 Euro. Ab dem 1. September 2023 wird die Förderung auf Privatpersonen beschränkt. Ab dem 1. Januar 2024 beträgt die Förderung für batterieelektrische Fahrzeuge und Brennstoffzellenfahrzeuge mit Nettolistenpreis bis zu 45.000 Euro: 3.000 Euro. Fahrzeuge mit höherem Nettolistenpreis erhalten keine Förderung mehr.

Im Vorjahresvergleich haben sich die aus Hessen stammenden Antragszahlen für reine Batteriefahrzeuge um rund 80 Prozent und für Plug-in-Hybride um rund 60 Prozent erhöht. Brennstoffzellenfahrzeuge führen hingegen nach wie vor ein Nischendasein.

Tabelle 20: Anträge auf Umweltbonus beim BAFA aus Hessen 2020-2023

Antriebsart	2020 absolut	2021	2022	2023	Veränderung 2022-2023		Anteil an Deutsch- land 2023
						in %	in %
Reine Batterie- elektrofahrzeuge	9.376	26.197	53.418	95.632	42.214	79,0%	8,4%
Plug-in-Hybride	6.630	25.444	51.173	81.735	30.562	59,7%	10,2%
Brennstoffzellen- fahrzeuge	7	13	15	36	21	140,0%	8,0%
Insgesamt	16.013	51.654	104.606	177.403	72.797	69,6%	9,1%

Quelle: BAFA 2023b, Angaben jeweils Stand Mai.

Ladepunkte für Elektrofahrzeuge

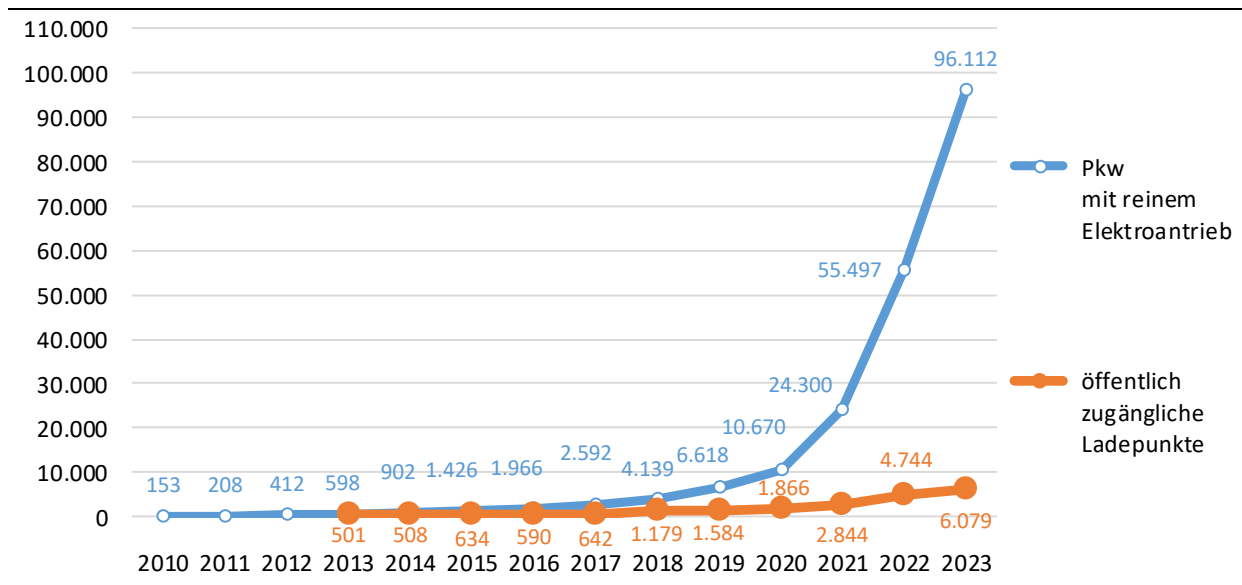
Die hohe Dynamik der Zulassungszahlen von Pkw mit reinem Elektroantrieb wird auch aus Abbildung 57 gut ersichtlich. Aber auch die Entwicklung der Anzahl der öffentlich zugänglichen Ladepunkte für Elektrofahrzeuge, die seit 2013 dargestellt werden kann, hat sich am aktuellen Rand weiter deutlich erhöht.

Demnach gab es in Hessen zum Stichtag 1. Mai 2023 gemäß Bundesnetzagentur insgesamt 6.079 öffentlich zugängliche Ladepunkte für Elektrofahrzeuge.²⁵

Gegenüber dem Vorjahr bedeutet dies eine Zunahme um 1.335 Ladepunkte bzw. 28,0 Prozent. Rein privat zugängliche Ladepunkte sind in dieser Zahl nicht berücksichtigt.

²⁵ 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 bestimmbar Personenkreis befahren werden kann.

Abbildung 57: Entwicklung der Anzahl von Personenkraftwagen mit Elektroantrieb und der Ladepunkte in Hessen 2010-2023



Quelle: KBA 2023 (Stand: 01.01.2023), BNetzA 2023q (Stand: jeweils Anfang Mai).

Elektromobilität regional

Auf der regionalen Ebene von Landkreisen und kreisfreien Städten werden vom Kraftfahrtbundesamt Bestandszahlen von reinen Elektro-Pkw sowie von Pkw mit Hybridantrieb und von der Bundesnetzagentur regionale Angaben zu öffentlich zugänglichen Ladestationen veröffentlicht. Da diese Daten jedoch auf freiwilligen Angaben der Unternehmen basieren, ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Ladepunkte tendenziell leicht untererfasst wird. Aus diesen beiden Datenquellen lässt sich ein vergleichendes Bild zum aktuellen Stand der Versorgung mit öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in den hessischen Regionen gewinnen (siehe Tabelle 21).

Als E-Pkw waren in Hessen zum 1. Januar 2023 zusammen rund 319.000 hybride oder rein elektrische Pkw angemeldet. Der Großteil davon entfällt mit 235.296 Pkw auf den Regierungsbezirk Darmstadt. Die Regierungsbezirke Gießen und Kassel weisen Bestandszahlen in Höhe von 39.192 bzw. 44.555 Pkw auf.

In Tabelle 21 ist zudem die relative Versorgung mit öffentlicher Ladeinfrastruktur dargestellt. Im Landesdurchschnitt teilen sich demnach je 1.000 E-Pkw knapp 16,9 Normallade- und 3,0 Schnellladepunkte. Mit 23,3 Normalladepunkten je 1.000 E-Pkw hat der Regierungsbe-

zirk Kassel dabei den höchsten Wert, gefolgt von den Regierungsbezirken Gießen (16,4) und Darmstadt (15,7). Das gute Ergebnis von Nordhessen ist vor allem auf den Landkreis Kassel und die Stadt Kassel zurückzuführen, die Werte von 32,6 und 32,5 erreichen. Hierzu dürfte der VW-Standort in Baunatal entscheidend beitragen.

Einen noch weit höheren Wert erzielt allerdings der Landkreis Groß-Gerau mit 92,8 Normalladestationen je 1.000 E-Pkw. Hier hat in Rüsselsheim die zum Stellantis-Konzern – das ist der nach VW zweitgrößte Automobilhersteller Europas – gehörende Opel Automobile GmbH ihr Stammwerk. Im Umfeld beider Automobilhersteller wird der Ausbau der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur offensichtlich besonders intensiv vorangetrieben.

Mit Blick auf die Ausstattung mit Schnellladeeinrichtungen liegt der Regierungsbezirk Kassel mit 6,3 Ladepunkten je 1.000 E-Pkw vor den Regierungsbezirken Gießen (5,5) und Darmstadt (1,9). Der Ausbau von Schnellladestationen scheint insbesondere an Autobahnraststätten zu erfolgen. Den höchsten Wert erzielt der Landkreis Hersfeld-Rotenburg mit 13,2 Schnellladestationen je 1.000 E-Pkw. Dabei ist eine Konzentration auf den Autobahnknotenpunkt Kirchheim feststellbar, an dem die Autobahnen A4, A5 und A7 zusammentreffen.

Tabelle 21: Bestand an Elektro- und Hybrid-Pkw, öffentlichen und privaten Ladesäulen in den hessischen Regionen

	Pkw-Bestand			öffentliche Ladepunkte je 1.000 E-Pkw	
	hybrid	rein elektrisch	zusammen	normal	schnell
Darmstadt, Wissenschaftsstadt	4.785	1.887	6.672	24,7	2,2
Frankfurt am Main, Stadt	34.515	13.290	47.805	7,9	1,3
Offenbach am Main, Stadt	3.756	1.130	4.886	3,1	1,2
Wiesbaden, Landeshauptstadt	25.296	16.705	42.001	5,0	1,5
Bergstraße	8.563	3.612	12.175	15,4	4,8
Darmstadt-Dieburg	9.431	4.199	13.630	22,7	3,1
Groß-Gerau	7.667	2.703	10.370	92,8	3,0
Hochtaunuskreis	12.420	3.946	16.366	10,4	0,4
Main-Kinzig-Kreis	12.611	4.572	17.183	19,9	2,9
Main-Taunus-Kreis	18.343	3.295	21.638	7,8	0,6
Odenwaldkreis	2.835	1.093	3.928	22,9	1,8
Offenbach, Landkreis	12.422	3.877	16.299	20,1	3,6
Rheingau-Taunus-Kreis	5.848	2.817	8.665	14,8	1,4
Wetteraukreis	9.787	3.891	13.678	17,3	1,5
Reg.-Bez. Darmstadt	168.279	67.017	235.296	15,7	1,9
Gießen, Landkreis	7.242	3.236	10.478	12,9	5,3
Lahn-Dill-Kreis	6.951	2.949	9.900	10,3	6,1
Limburg-Weilburg	5.094	2.455	7.549	23,3	7,6
Marburg-Biedenkopf	4.836	2.744	7.580	18,7	3,0
Vogelsbergkreis	2.487	1.198	3.685	23,9	5,7
Reg.-Bez. Gießen	26.610	12.582	39.192	16,4	5,5
Kassel, documenta-Stadt	4.714	2.169	6.883	32,5	7,6
Fulda	5.644	3.314	8.958	22,2	5,5
Hersfeld-Rotenburg	2.181	1.226	3.407	12,3	13,2
Kassel, Landkreis	6.136	3.903	10.039	32,6	5,7
Schwalm-Eder-Kreis	4.212	2.656	6.868	13,4	4,8
Waldeck-Frankenberg	3.357	2.157	5.514	19,8	2,4
Werra-Meißner-Kreis	1.798	1.088	2.886	16,3	10,4
Reg.-Bez. Kassel	28.042	16.513	44.555	23,3	6,3
Hessen	222.931	96.112	319.043	16,9	3,0

Quelle: KBA 2023 (Stand: 01.01.2023), BNetzA 2023q (Stand: 01.05.2023), Zusammenstellung und Berechnungen der Hessen Agentur.

9

Entwicklung der Treibhausgasemissionen



9 Entwicklung der Treibhausgasemissionen

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

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

Auch die Hessische Landesregierung hat 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. 2045 soll Hessen klimaneutral sein. Mit dem Hessischen Klimagesetz will das Land Hessen seinen Beitrag zur völkerrechtlich verpflichtenden Begrenzung der globalen Durchschnittstemperatur nach dem Pariser Klimaabkommen leisten.

Im Dezember 2022 hat das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) die hessische Treibhausgasbilanz für das Bilanzjahr 2020 mit den endgültigen Werten für das Jahr 2019 und den noch vorläufigen Werten für das Jahr 2020 veröffentlicht. Darin werden die Emissionen der mengenmäßig bedeutendsten Klimagase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und erstmalig auch für die Gruppe der Fluor-Gase für Hessen über den Zeitraum von 1990 bis 2020 dargestellt.

In den Kapiteln 9.1 bis 9.3 werden die aktualisierten und zum Teil erweiterten Emissionswerte bis zum Jahr 2020 berücksichtigt. In Kapitel 9.4 sind vom HSL noch vorläufige Werte zu den CO₂-Emissionen in Hessen für das Jahr 2021 dargestellt. In 9.5 erfolgt eine Berechnung, welche Mengen an Treibhausgasemissionen durch den Einsatz erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung, zur Bereitstellung von Wärme und für Mobilitätsw Zwecke 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.²⁶ 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 2022 knapp die Hälfte (48 %) 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 2020 einschließlich der Fluor-Gase 36,0 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente freigesetzt (siehe Abbildung 58). Dies waren 2,8 Mio. Tonnen weniger (-7,2 %) als im Jahr 2019 und der niedrigste Wert im gesamten betrachteten Zeitraum von 1990 bis 2020. Dieser massive Rückgang ist vor allem auf die Auswirkungen der Corona-Pandemie zurückzuführen. So trat der erste Lockdown Ende März 2020 in Kraft und dauerte sieben Wochen. Dabei kam das öffentliche Leben weitgehend zum Stillstand, viele öffentliche Einrichtungen, aber auch Unternehmen blieben geschlossen und der Berufs- und Reiseverkehr fand kaum noch statt.

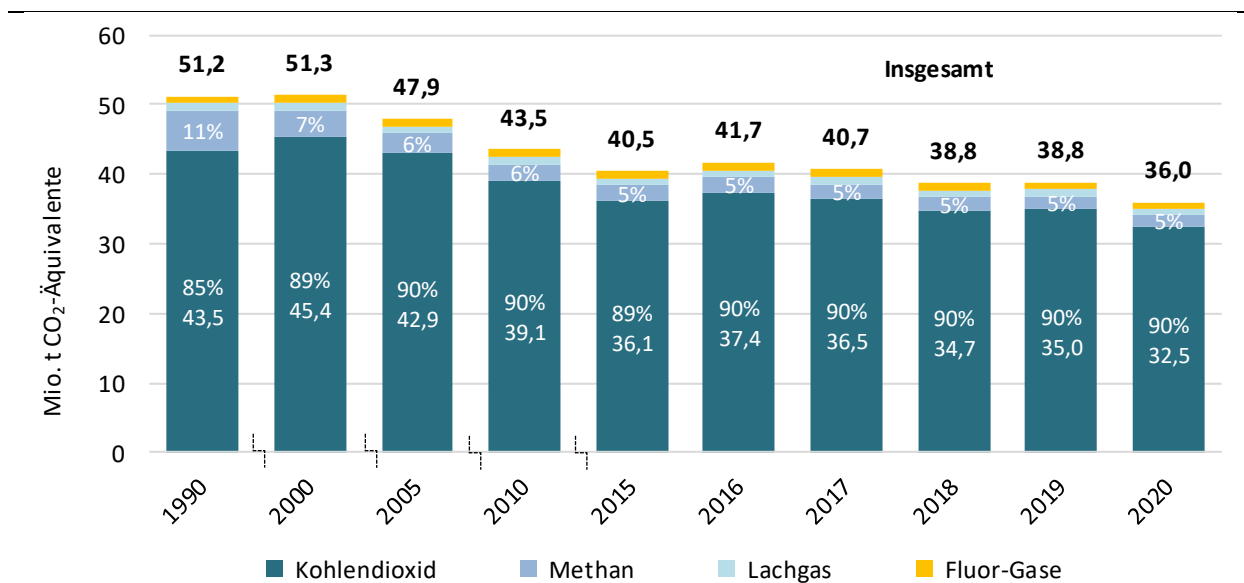
²⁶ Siehe dazu auch die Erläuterung zur Treibhausgasbilanz im Glossar sowie HMUKLV 2022.

Mit Blick auf die Zusammensetzung der Treibhausgase prägen Kohlendioxidemissionen mit 32,5 Mio. Tonnen bzw. rund 90 Prozent die Emissionsstruktur, es folgen Methan mit etwa 5 Prozent sowie Lachgas und Fluor-Gase mit jeweils knapp 3 Prozent.

In der Langfristbetrachtung (1990 bis 2020) beträgt der gesamte Rückgang 15,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente.

Dabei sind die CO₂-Emissionen mit 11,0 Mio. Tonnen am stärksten zurückgegangen. Die Rückgänge bei den anderen Treibhausgasen beziffern sich bei Methan auf 3,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente, bei Lachgas auf 0,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente und bei Fluor-Gasen auf 45.000 Tonnen CO₂-Äquivalente.

Abbildung 58: Entwicklung der Treibhausgasemissionen 1990-2020*
(in Mio. t CO₂-Äquivalente, Zusammensetzung nach Gasen in %)



* ohne internationalen Luftverkehr

Quelle: HMUKLV 2022, HSL 2023a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 = vorläufige Werte außer Fluor-Gase.

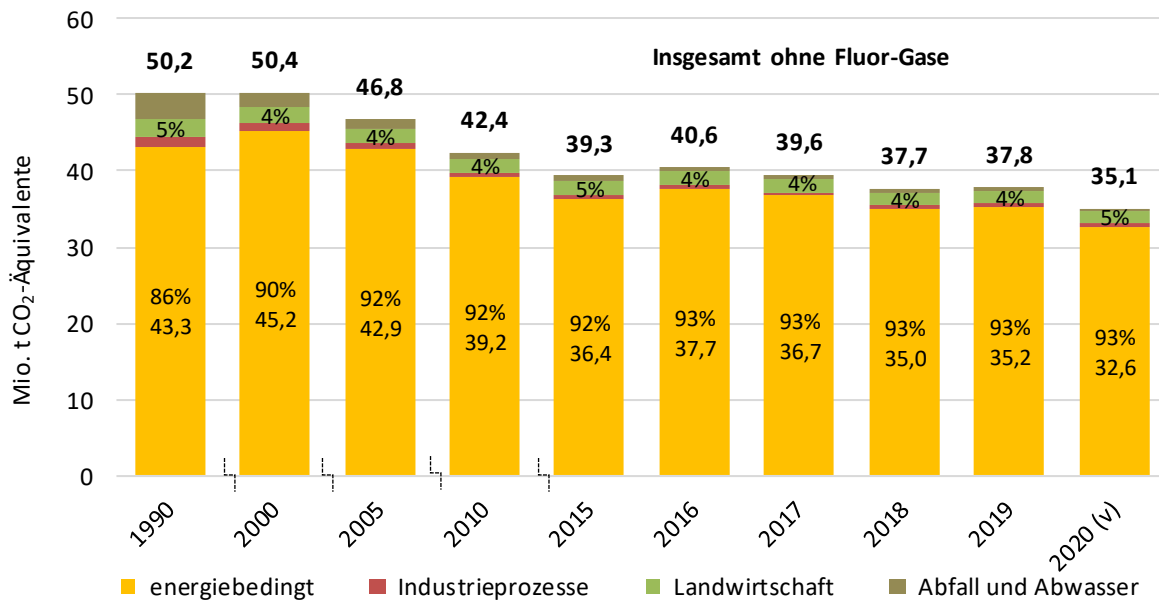
9.2 Treibhausgasemissionen nach Quellgruppen

Die Entwicklung der Treibhausgasemissionen kann im Zeitverlauf differenziert nach den einzelnen Quellgruppen nur für die Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Lachgas dargestellt werden (siehe Abbildung 59). Auf diese drei Gase entfielen im Jahr 2020 zusammen 35,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente bzw. 97,4 Prozent der Treibhausgase insgesamt.

Die mit Abstand meisten Treibhausgase wurden auch im Jahr 2020 energiebedingt verursacht. So entfielen 32,6 der insgesamt 35,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente auf energiebedingte Emissionen, was einem Anteil von 92,9 Prozent entspricht.

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

Abbildung 59: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (ohne Fluor-Gase) nach Quellgruppen 1990-2020*
(in Mio. t CO₂-Äquivalente)



* ohne internationalen Luftverkehr

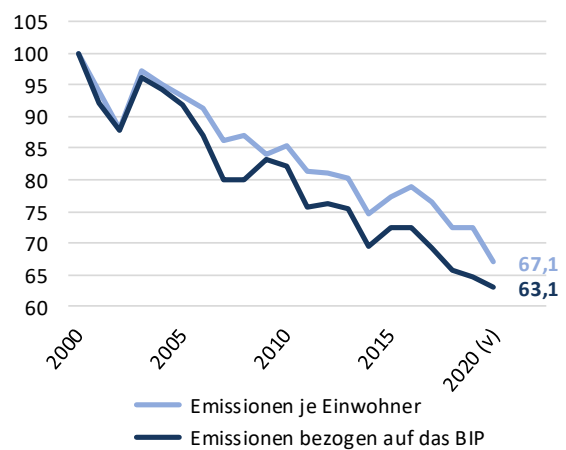
Quelle: HMUKLV 2022, HSL 2023a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) = vorläufige Werte.

9.3 Entwicklung der Treibhausgasintensität

Die Treibhausgasintensität, sowohl gemessen als THG-Emissionen je Einwohner (hellblaue Linie) als auch als THG-Emissionen bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt (dunkelblaue Linie), war im Jahr 2020 im Vergleich zum Vorjahr weiter deutlich rückläufig (siehe Abbildung 60). So ist die Treibhausgasintensität bezogen auf das BIP um 2,6 Prozent und pro Kopf sogar um 7,4 Prozent zurückgegangen.

Langfristig ist bei steigender Wirtschaftsleistung und wachsender Bevölkerung ein ausgeprägt rückläufiger Trend der Treibhausgasintensität zu beobachten. Im Vergleich zum Jahr 2000 liegen die Indexwerte um 32,9 Prozent (Einwohner) bzw. um 36,9 Prozent (BIP) niedriger. Der starke Rückgang in den Jahren 2001 und 2002 ist darauf zurückzuführen, dass für diese beiden Jahre keine Originärdaten zu Methan- und Lachgasemissionen vorliegen.

Abbildung 60: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (einschließl. Fluor-Gase) pro Kopf und bzgl. BIP* 2000-2020 (Index 2000 = 100)



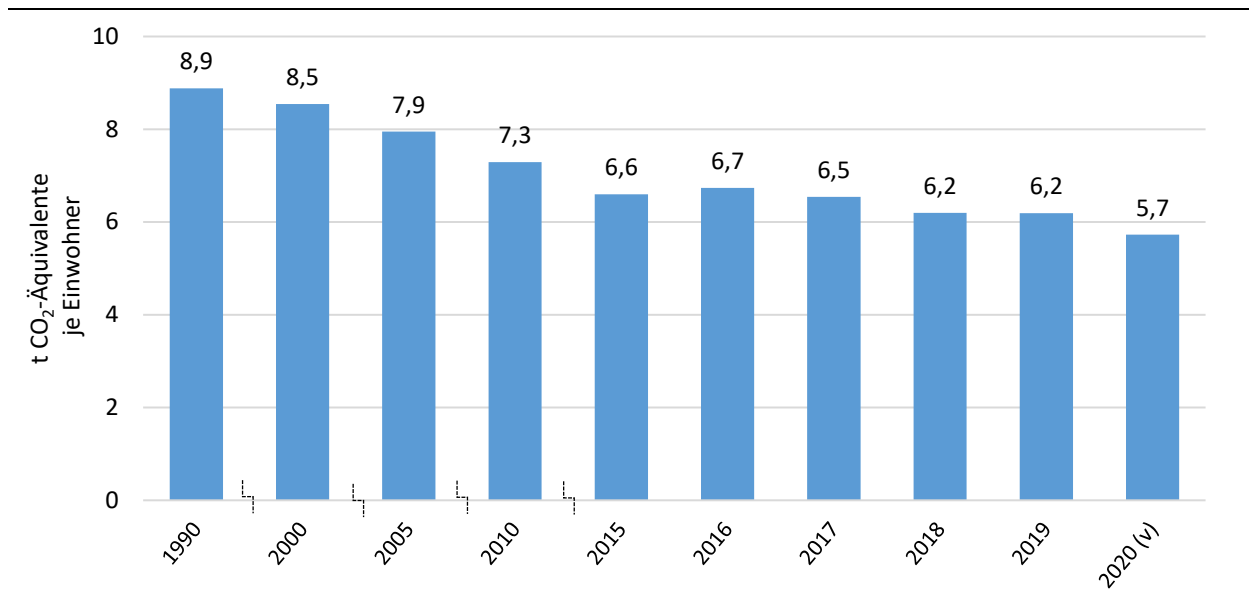
* ohne internationalen Luftverkehr

Quelle: HMUKLV 2022, HSL 2023a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) = vorläufig.

Abbildung 61 zeigt die Entwicklung der Treibhausgasemissionen pro Kopf in Absolutwerten für den Zeitraum von 1990 bis 2020. 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 5,7 Tonnen im Jahr 2020, wobei dieser niedrige Wert zum Teil auf die Auswirkungen der Corona-Pandemie zurückzuführen ist.

Abbildung 61: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (einschließl. Fluor-Gase) pro Kopf 1990-2020*
(in t CO₂-Äquivalente je Einwohner)



* ohne internationalen Luftverkehr

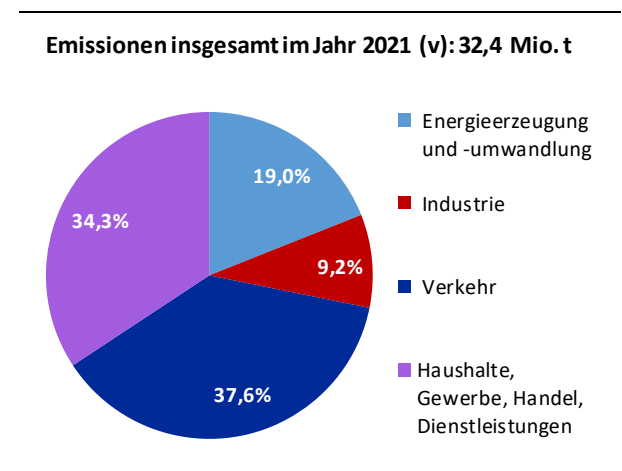
Quelle: HMUKLV 2022, HSL 2023a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) = vorläufig.

9.4 Energiebedingte CO₂-Emissionen nach Sektoren

Nach ersten, noch vorläufigen Berechnungen wurden im Jahr 2021 energiebedingt insgesamt 32,4 Mio. Tonnen CO₂ emittiert. Das waren 0,5 Mio. Tonnen CO₂ bzw. 1,6 Prozent mehr als im Jahr 2020, aber 2,0 Mio. Tonnen CO₂ bzw. 5,9 Prozent weniger als im Vor-Corona-Jahr 2019.

In Abbildung 62 sind die energiebedingten CO₂-Emissionen differenziert nach Sektoren für das Jahr 2021 dargestellt. Mit 12,2 Mio. Tonnen CO₂ entfällt der weitaus größte Anteil (37,6 %) auf den Verkehrssektor. Gegenüber dem Vorjahr hat der CO₂-Ausstoß im Verkehrssektor weiter leicht um 0,1 Mio. Tonnen (-0,7 %) abgenommen. Dabei ist zu beachten, dass der Kerosinverbrauch für den internationalen Luftverkehr des Frankfurter Flughafens nicht berücksichtigt ist.

Abbildung 62: Energiebedingte CO₂-Emissionen nach Sektoren 2021* (Anteile in %)



* ohne internationalen Luftverkehr

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

An zweiter Stelle der Emittenten folgt der Sektor Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen mit zusammen 11,1 Mio. Tonnen CO₂ bzw. einem Anteil von 34,3 Prozent der energiebedingten CO₂-Emissionen. Auch dieser Sektor konnte seinen CO₂-Ausstoß weiter leicht, um 0,1 Mio. Tonnen (-1,1 %) senken.

Auf den Bereich Energieerzeugung und Energieumwandlung entfielen 2021 insgesamt 6,2 Mio. Tonnen CO₂ und damit ein Anteil von 19,0 Prozent der energiebedingten CO₂-Emissionen in Hessen. Verantwortlich dafür ist vor allem der Einsatz fossiler Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung in Kraftwerken der öffentlichen Versorgung. Im Vorjahresvergleich haben sich in diesem Sektor die CO₂-Emissionen vergleichsweise deutlich um 0,6 Mio. Tonnen bzw. 10,3 Prozent erhöht.

Die Industrie weist mit einem Ausstoß von 3,0 Mio. Tonnen CO₂ bzw. einem Anteil von 9,2 Prozent die geringsten Emissionen unter den genannten Sektoren auf. Durch die konjunkturelle Erholung – im Jahr 2021 erhöhte sich das Bruttoinlandsprodukt real um 2,4 Prozent gegenüber dem Vorjahr – nahmen in der Industrie auch die energiebedingten CO₂-Emissionen leicht um 0,1 Mio. Tonnen (+5,1 %) zu.

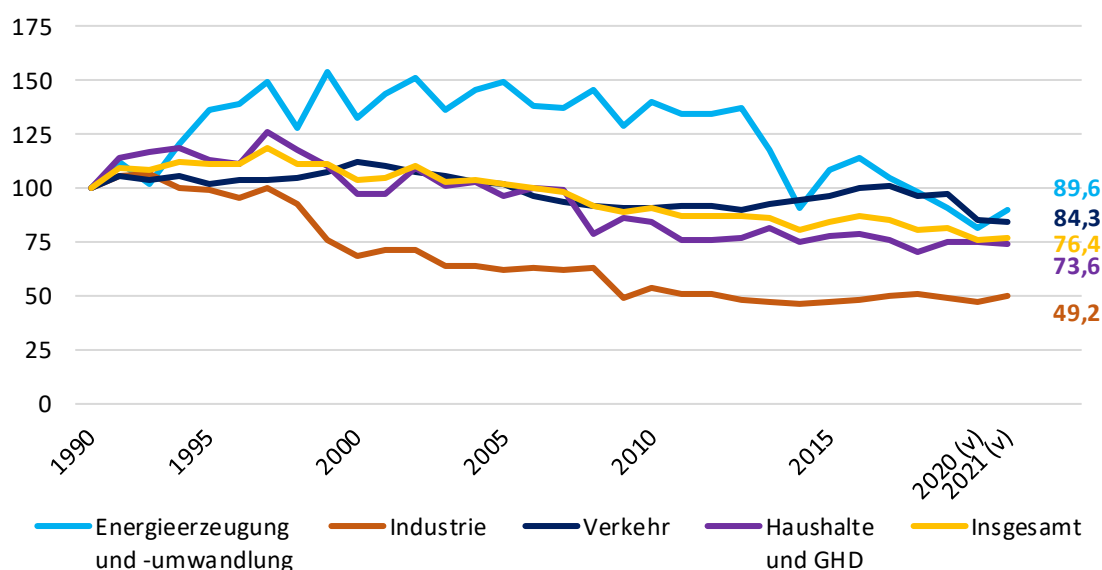
Abbildung 63 zeigt die langfristige Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen in den einzelnen Sektoren im Zeitraum von 1990 bis 2021 als Indexdarstellung. Dabei ist trotz hohen Wirtschaftswachstums und

stark gestiegener Einwohnerzahlen insgesamt ein deutlich rückläufiger Trend der CO₂-Emissionen erkennbar. So wurden im Jahr 2021 energiebedingt insgesamt 10,0 Mio. Tonnen bzw. 23,6 Prozent weniger CO₂ ausgestoßen als im Basisjahr 1990. Dabei sind die Entwicklungen in den einzelnen Sektoren sehr unterschiedlich verlaufen.

Am relativ stärksten sind mit 50,8 Prozent die CO₂-Emissionen in der Industrie (-3,1 Mio. t CO₂) gesunken, gefolgt vom Sektor Haushalte und GHD mit einem Rückgang von 26,4 Prozent (-4,0 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 haben sich die CO₂-Emissionen langfristig um 10,4 Prozent bzw. 0,7 Mio. Tonnen CO₂ verringert. 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 zeichnete sich wieder eine bis zum Jahr 2020 anhaltende Abwärtsbewegung ab, die sich 2021 wieder umkehrte.

Abbildung 63: Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen nach Sektoren 1990-2021*
(Index 1990 = 100)



* ohne internationalen Luftverkehr

Quelle: HSL 2023a, Berechnungen der Hessen Agentur; 2020 (v) und 2021 (v) = vorläufig.

Im Verkehrssektor hat sich der CO₂-Ausstoß langfristig um 2,3 Mio. Tonnen CO₂ bzw. um 15,7 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 hohe Betroffenheit des Verkehrssektors durch die Corona-Pandemie im Jahr 2020, was sich auch 2021 weiter fortsetzte.

9.5 Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch erneuerbare Energien

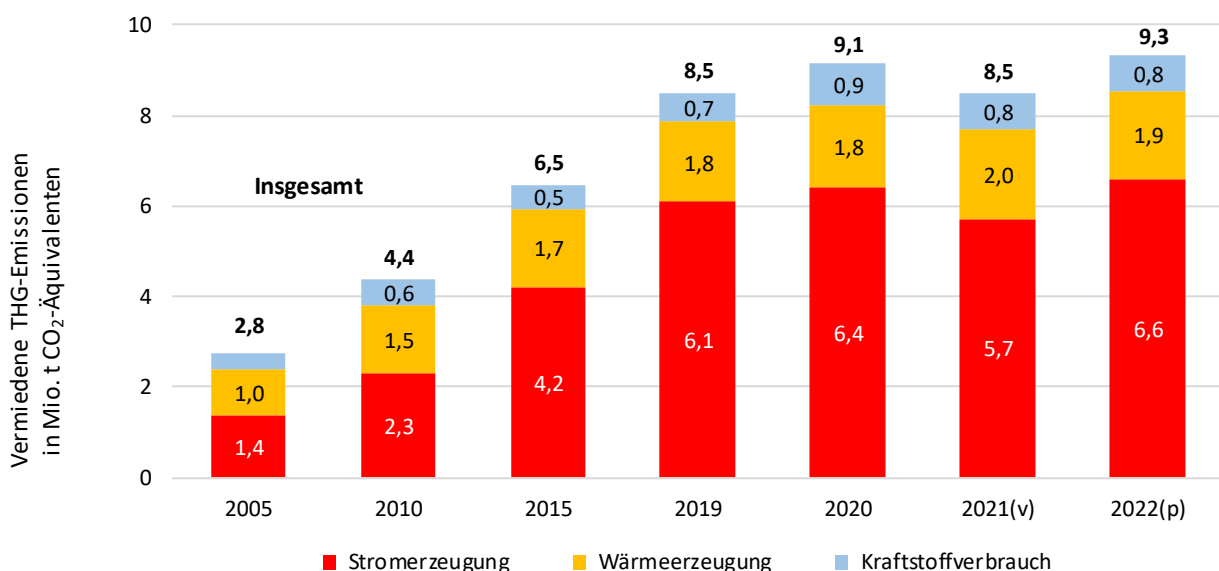
Durch den zunehmenden Einsatz erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie beim Kraftstoffverbrauch können immer größere Mengen an konventionellen fossilen Energieträgern eingespart und somit Treibhausgasemissionen (THG) in erheblichem Umfang vermieden werden. Für Deutschland werden dazu vom Umweltbundesamt detaillierte Berechnungen durchgeführt und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz veröffentlicht (BMWK 2023g).²⁷ So konnten in Deutschland im Jahr 2022 insgesamt 231,9 Mio.

Tonnen an THG-Emissionen vermieden werden, 180,1 Mio. Tonnen bei der Stromerzeugung, 42,0 Mio. Tonnen bei der Wärmeerzeugung und 9,8 Mio. Tonnen beim Kraftstoffverbrauch. Gegenüber dem Vorjahr stieg die eingesparte Menge an THG auf Bundesebene um insgesamt 14,3 Mio. Tonnen bzw. 6,6 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 2022 beziffern sich demnach die in Hessen eingesparten Treibhausgasemissionen auf 9,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente (siehe Abbildung 64). Dies sind etwa 800.000 Tonnen bzw. 9,9 Prozent mehr als im Vorjahr, wobei der Anstieg vor allem auf den deutlichen höheren Ertrag von Windenergie- und Photovoltaikanlagen zurückzuführen ist (siehe dazu Kapitel 4.1).

Abbildung 64: Durch den Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Treibhausgasemissionen 2005-2022
(in Mio. t CO₂-Äquivalente)



Quelle: AGEE 2023, HSL 2023a, IE-Leipzig 2023, Berechnungen der Hessen Agentur; 2021 (v) = vorläufig, 2022 (p) = Prognose.

²⁷ Die vom Umweltbundesamt verwendete Methodik ist ausführlich in Umweltbundesamt 2021 beschrieben.

Da Windenergie- und Photovoltaikanlagen ausschließlich zur erneuerbaren Stromerzeugung eingesetzt werden, konzentriert sich der Zuwachs auf dieses Segment. So konnten durch erneuerbare Stromerzeugung insgesamt 6,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden, 0,9 Mio. Tonnen bzw. 15,3 Prozent mehr als im Vorjahr.

Demgegenüber gingen die THG-Einsparungen sowohl bei der Wärmeerzeugung (-1,4 %) als auch bei erneuerbaren Kraftstoffen (-1,0 %) im Jahr 2022 leicht zurück. Der Rückgang bei der Wärmeerzeugung ist darauf zurückzuführen, dass witterungsbedingt deutlich weniger Brennholz für Heizzwecke eingesetzt wurde. Der Rückgang bei den erneuerbaren Kraftstoffen dürfte vor allem auf die Anrechnungsmöglichkeit von Elektrofahrzeugen zur Erfüllung der Treibhausgasminderungsquote zurückzuführen sein. Um beispielsweise den Aufbau der Ladeinfrastruktur für elektrisch betriebene Fahrzeuge zu unterstützen, wird dabei der Strom, der in Elektrofahrzeugen genutzt wird, mit dem Dreifachen seines Energiegehaltes für die Erfüllung der Treibhausgasminderungsquote angerechnet (Umweltbundesamt 2022).

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 durch den Umbau der Energieversorgung als Beitrag zum Klimaschutz und zur Vermeidung von externen Kosten, die durch das Voranschreiten des Klimawandels entstehen, positive Impulse für Investitionen und Innovationen sowie für die Technologieentwicklung. Zudem nimmt 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 negative Effekte für die internationale Wettbewerbsfähigkeit entstehen können.

Zu beachten ist allerdings, dass eine eindeutige Zuordnung von Effekten auf Maßnahmen zur Energiewende kaum möglich ist. So ist im ersten Corona-Jahr 2020 der Energieverbrauch in Deutschland und Hessen z. B. durch Produktions- und Handelseinschränkungen, Reisebeschränkungen und Homeoffice signifikant gesunken. Mit der rückläufigen Nachfrage gingen Preissenkungen für viele Energieträger einher. Der Preis für einen Liter Diesel fiel an den Tankstellen beispielsweise unter die psychologische Marke von einem Euro. Mit Rücknahme vieler Einschränkungen im zweiten Corona-Jahr 2021 zogen die Energiepreise bereits wieder an und erreichten nach Kriegsbeginn im weiteren Verlauf des Jahres 2022 oftmals historische Höchststände.

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

10.1 Energiekosten und Energiepreise

Energiekosten sind alle Kosten, die durch den Verbrauch von Energie entstehen. Sie werden entsprechend in der Unternehmensbuchführung als Aufwendungen verbucht bzw. reduzieren das den privaten Haushalten zur Verfügung stehende Einkommen. Sinkende Energiekosten schlagen sich tendenziell positiv in der Gewinn- und Verlustrechnung der Unternehmen nieder bzw. können die Zusammensetzung der Konsumnachfrage der privaten Haushalte verändern. Dabei verringern sich bei sinkenden Energiekosten auch die Anreize zu Energieeinsparungen und zur Steigerung der Energieeffizienz. Steigende Energiekosten können zu gegenteiligen Effekten führen.

Auf den massiven Anstieg der Gas- und Strompreise infolge des Angriffskriegs von Russland gegen die Ukraine hat die Bundesregierung mit einer Strom- und Gaspreislösung reagiert. So wird im Jahr 2023 – mit Verlängerungsoption bis Ende April 2024 – 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. Für die erste Gruppe betrifft dies 80 Prozent und für die zweite Gruppe 70 Prozent des Verbrauchs im Vorjahr.

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

Energiekosten und -preise privater Haushalte

Zur Ermittlung der Kosten der Lebenshaltung werden die gesamten Aufwendungen eines Durchschnittshaushalts z. B. für Unterkunft und Verpflegung, für Bekleidung und Freizeitaktivitäten sowie für Energie herangezogen. In Deutschland haben sich die allgemeinen Lebenshaltungskosten der privaten Haushalte im Jahr 2022 gegenüber dem Vorjahr deutlich um 6,9 Prozent erhöht. Dies stellt den höchsten Anstieg im gesamten Betrachtungszeitraum seit dem Jahr 2000 dar (siehe Abbildung 65). Ein wesentlicher Inflationstreiber war die massive Verteuerung von Erdgas und Mineralölprodukten als Folge der europaweiten Reaktionen auf den Krieg in der Ukraine. So lagen im Jahresdurchschnitt 2022 die Preise von leichtem Heizöl um 73 Prozent, von Erdgas um 48 Prozent und von Dieseltreibstoffen um 40 Prozent über dem Vorjahresniveau. Demgegenüber fiel der Preisanstieg bei Fernwärme (+24,6 %), Superbenzin (+21,8 %) und Strom (+19,2 %) deutlich moderater aus.

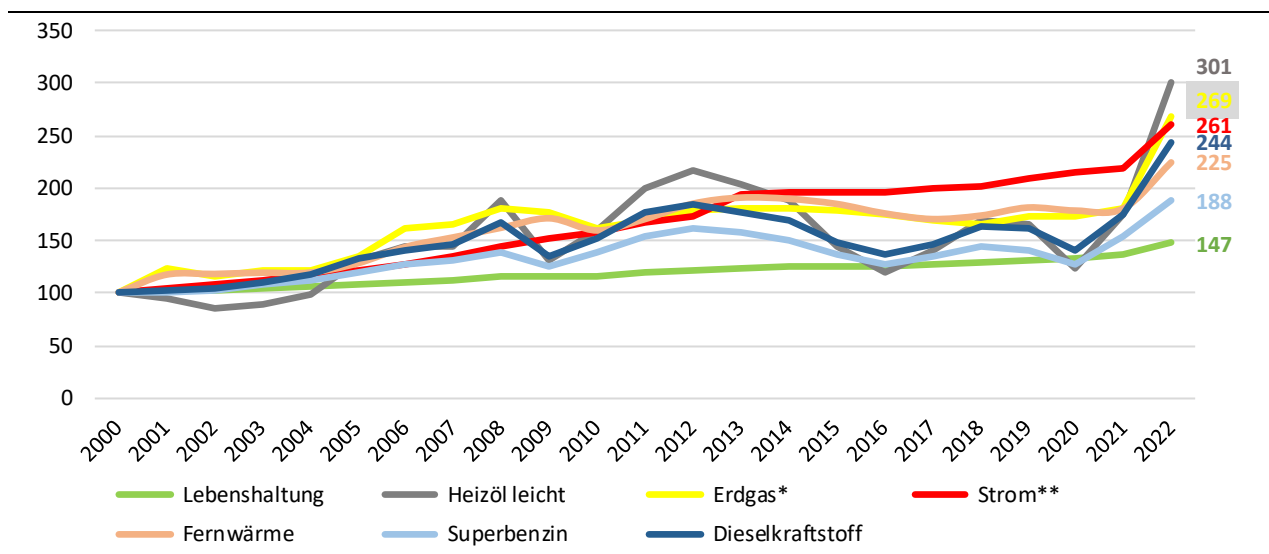
Längerfristig haben sich die allgemeinen Lebenshaltungskosten im Zeitraum von 2000 bis 2021 um insgesamt 47 Prozent erhöht. Im Vergleich dazu fielen die langfristigen Preisentwicklungen aller Energieträger deutlich höher aus. Dabei zeichnet sich die Preisentwicklung aller Mineralölprodukte durch stark schwankende Verläufe aus. Im Jahresdurchschnitt 2022 war leichtes Heizöl um 201 Prozent, Dieseltreibstoff um 144 Prozent und Superbenzin um 88 Prozent teurer als im Jahr 2000. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass Mineralöl-

produkte seit dem Jahr 2021 auf Basis des Brennstoffemissionshandelsgesetzes einer nationalen CO₂-Bepreisung unterliegen, die stufenweise ansteigt.

Die Preiseentwicklungen von Fernwärme und Erdgas, die bis zum Jahr 2021 einen relativ ähnlichen Verlauf aufwiesen, liefen im Jahr 2022 deutlich auseinander.

So lag der Erdgaspreis um 169 Prozent und der Fernwärmepreis um nur 125 Prozent höher als im Referenzjahr 2000. Der Strompreis, der im Energieträgervergleich seit dem Jahr 2014 die höchste Verteuerung zu verbuchen hatte, liegt mit einem Plus von 161 Prozent gegenüber dem Ausgangsjahr 2000 nun auf dem dritten Rang hinter Heizöl und Erdgas.

Abbildung 65: Entwicklung der Lebenshaltungskosten insgesamt und der Preise für Energieträger für private Haushalte in Deutschland 2000-2022 (nominal, einschließlich MwSt.; Index 2000 = 100)



* bei Abnahme von 19.200 kWh/Jahr

** bei Abnahme von 3.900 kWh/Jahr

Quelle: BMWK 2022a, Destatis 2023a.

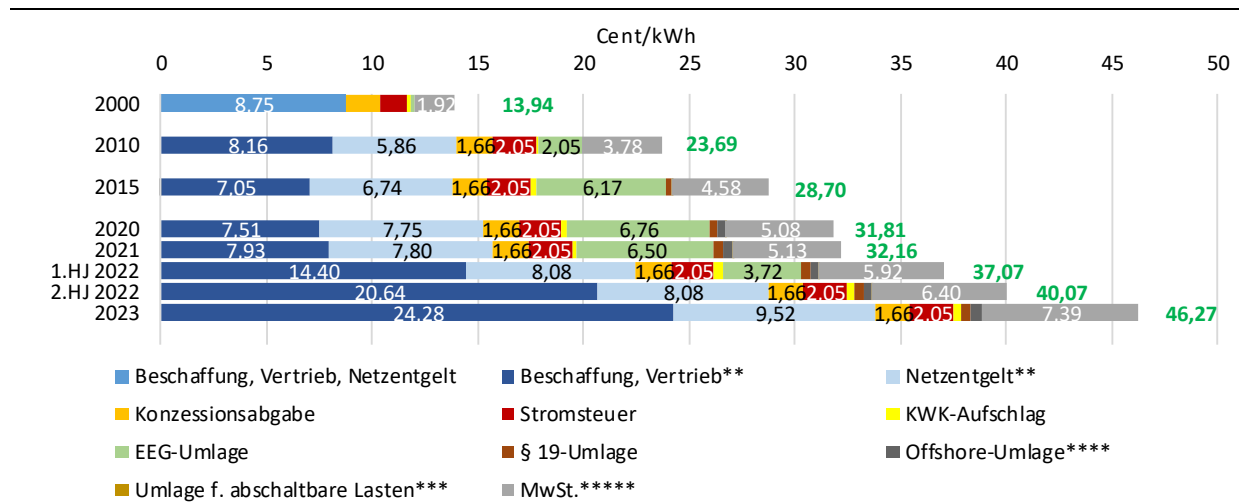
Der Strompreis, der sich bereits im Verlauf des Jahres 2022 deutlich erhöht hatte, dürfte nach Schätzung des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW) auch im Jahr 2023 weiter auf durchschnittlich 46,3 Cent je kWh ansteigen (siehe Abbildung 66). Dies wäre ein Anstieg gegenüber dem Strompreis in der zweiten Jahreshälfte 2022 von 6,2 Cent je kWh bzw. 15,5 Prozent und ist fast ausschließlich auf die Verteuerung von Beschaffung, Vertrieb und der Netzentgelte sowie die damit verbundene Erhöhung der Mehrwertsteuer zurückzuführen. Dabei dürften die Kosten für Beschaffung und Vertrieb um 3,6 Cent je kWh (+17,6 %), für Netzentgelte um 1,4 Cent je kWh (+17,8 %) und die Mehrwertsteuer um 1,0 Cent je kWh (+15,5 %) ansteigen.

Geringfügige Veränderungen gibt es zudem bei den Preiskomponenten KWK-Aufschlag, § 19-Umlage und Offshore-Umlage, die sich zusammen auf einen Preisanstieg von 0,1 Cent je kWh addieren.²⁸

Anzumerken ist, dass seit dem 1. Juli 2022 keine EEG-Umlage und ab Jahresbeginn 2023 keine Umlage für abschaltbare Lasten mehr zu zahlen sind. Während die Umlage für abschaltbare Lasten im letzten Jahr den Strompreis geringfügig um 0,003 Cent je kWh verteuerte, ging von der Abschaffung der EEG-Umlage eine deutlich höhere Entlastung aus. Vor der Abschaffung lag die EEG-Umlage noch bei 3,72 Cent je kWh, dem ging aber bereits eine Reduzierung voraus, so lag die EEG-Umlage im Jahr 2021 noch bei 6,50 Cent je kWh.

28 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.

Abbildung 66: Entwicklung des Strompreises in Deutschland für Haushalte nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010, 2015 und 2020-2023* (in Cent je kWh)



* Stand: Juli 2023

*** ab 2014, 2016 ausgesetzt

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

Quelle: BDEW 2023b.

** seit dem Jahr 2006 werden Netzentgelte gesondert ausgewiesen

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

Energiekosten und -preise der Industrie

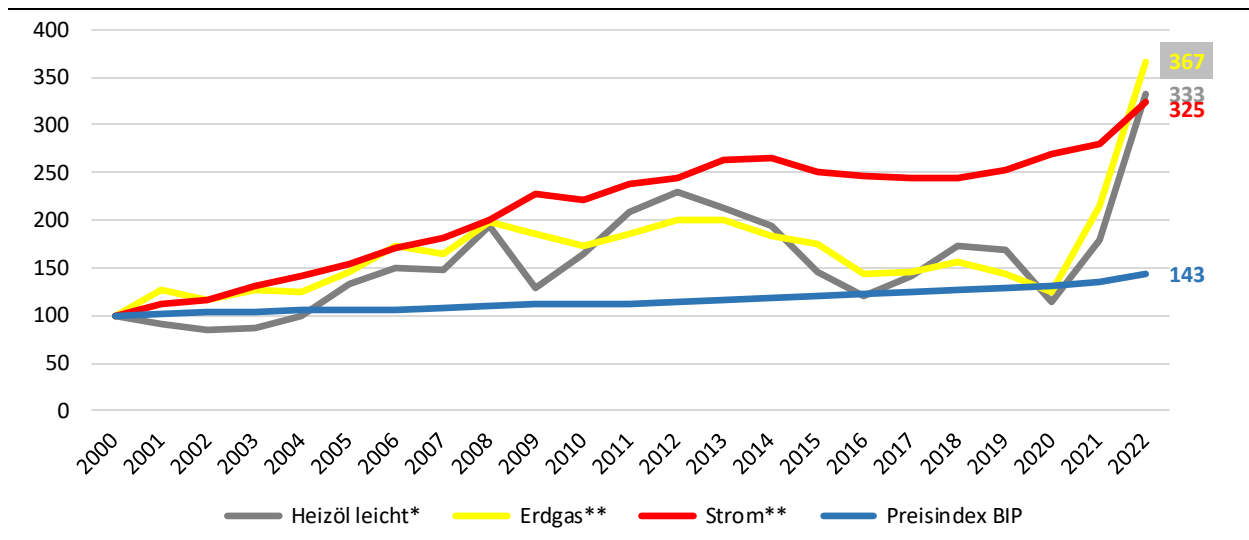
Der BIP-Deflator²⁹ ist der umfangreichste Preisindikator einer Volkswirtschaft. Er wird zur Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Inflationsrate herangezogen und dient zudem als Referenzwert für die Darstellung der Preisentwicklungen von Unternehmen. Im Jahr 2022 lag das Preisniveau des BIP um 5,6 Prozent über dem Vorjahresniveau. Der Anstieg des BIP-Deflators fällt damit niedriger aus als der des Preisniveaus der Lebenshaltungskosten der privaten Haushalte (+6,9 %).

Im Vergleich zum BIP-Deflator haben sich die Energiepreise für Unternehmen deutlich stärker erhöht. So verteuerte sich im Jahr 2022 leichtes Heizöl um 86,0 Prozent, Erdgas um 71,3 Prozent und Strom um 16,1 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Damit hat sich die bereits im Jahr 2021 zu beobachtende ansteigende Preisentwicklung weiter beschleunigt. Ursächlich hierfür dürften vor allem Lieferengpässe gewesen sein, die als Folge des Angriffskrieges von Russland gegen die Ukraine entstanden sind.

Abbildung 67 zeigt, dass auch bei längerfristiger Betrachtung über den Zeitraum von 2000 bis 2022 der Anstieg des BIP-Deflators mit 43 Prozent deutlich schwächer ausfällt als bei Erdgas (+267 %), leichtem Heizöl (+233 %) und Strom (+225 %). Alle drei Energieträger erreichten damit neue Höchstwerte. Bemerkenswert ist dabei der rasante Preisanstieg bei leichtem Heizöl und Erdgas. Die Preise beider fossilen Energieträger haben noch im Jahr 2020 den BIP-Deflator unterschritten.

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

Abbildung 67: Preisentwicklung des Bruttoinlandsprodukts sowie der Ausgaben für Energie von Industrieunternehmen in Deutschland 2000-2022 (nominal, ohne MwSt.; Index 2000 = 100)



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

** Durchschnittserlöse

Quelle: BMWK 2022a, Destatis 2023b.

Für Industriekunden mit einem Jahresstromverbrauch von bis zu 20 GWh liegen Angaben des BDEW zur Entwicklung der Strompreise im ersten und zweiten Halbjahr 2022 sowie eine Einschätzung für das laufende Jahr 2023 vor (siehe Abbildung 68). Auch hier zeigen sich die dramatischen Auswirkungen des Angriffskrieges von Russland gegen die Ukraine auf die Energiepreisentwicklung. So lag der Strompreis in der zweiten Jahreshälfte 2022 im Durchschnitt bei 53,38 Cent je kWh und damit 20,36 Cent je kWh bzw. 61,7 Prozent höher als in der ersten Jahreshälfte. Treiber dieser Entwicklung waren ausschließlich die Preissteigerungen für Beschaffung, Vertrieb und Netzentgelte, die sich zusammengenommen um 24,08 Cent je kWh verteuerten und damit fast verdoppelten (+90,6 %).³⁰

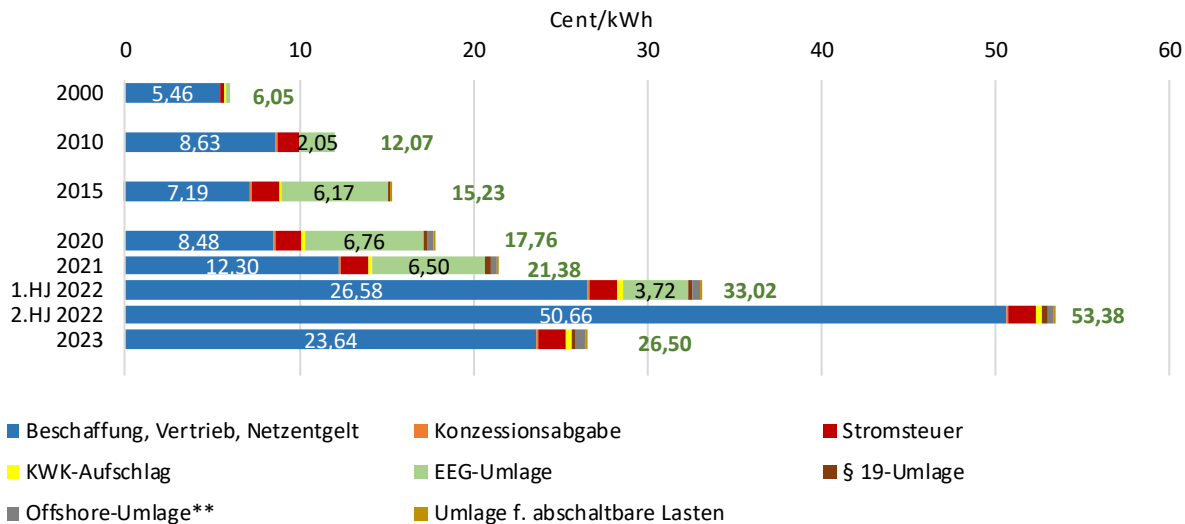
Demgegenüber blieben alle übrigen Preiskomponenten unverändert mit Ausnahme der EEG-Umlage, die seit dem 1. Juli 2022 auch für Industriekunden nicht mehr erhoben wird.

Für das Jahr 2023 rechnet das BDEW wieder mit einer deutlichen Reduktion des Strompreises für Industrieabnehmer auf 26,50 Cent je kWh im Jahresdurchschnitt. Dies entspricht einem Rückgang um 26,88 Cent je kWh (-50,4 %) und ist vor allem auf rückläufige Preise für Beschaffung, Vertrieb und Netzentgelte (-27,02 Cent je kWh bzw. -53,3 %) zurückzuführen.

Alle übrigen Preiskomponenten erhöhen sich zusammengekommen geringfügig um 0,14 Cent je kWh. Dabei bleiben Konzessionsabgabe und Stromsteuer unverändert bei 0,11 bzw. 1,54 Cent je kWh, KWK-Aufschlag und § 19-Umlage sinken leicht um 0,02 bzw. 0,01 Cent je kWh und die Offshore-Umlage erhöht sich um 0,17 Cent je kWh.

³⁰ Diese drei Preiskomponenten werden vom BDEW nicht getrennt ausgewiesen.

Abbildung 68: Entwicklung des Strompreises bei Neuabschluss für Industrieunternehmen mit einem Jahresverbrauch von bis zu 20 GWh in Deutschland nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010, 2015 und 2020-2023
(in Cent je kWh)



* Stand: Juli 2023

** Offshore-Haftungsumlage 2015 und 2017 wegen Nachverrechnung negativ

Quelle: BDEW 2023b.

Von der EEG-Umlage befreite Abnahmestellen

Um Wettbewerbsnachteilen aufgrund hoher Strompreise entgegenzuwirken, können besonders stromintensiv produzierende Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie Betreiber von Schienenbahnen beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) einen Antrag auf Begrenzung der EEG-Umlage stellen. Unternehmen, die von der sogenannten „Besonderen Ausgleichsregelung“ begünstigt sind, zahlen die EEG-Umlage für die erste bezogene Gigawattstunde in voller Höhe und für darüber hinaus verbrauchten Strom nur noch 15 Prozent der EEG-Umlage.

In Hessen wurde im Jahr 2022 für insgesamt 146 Abnahmestellen eine Begrenzung der EEG-Umlage mit einer privilegierten Strommenge von insgesamt 9,0 TWh beantragt. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich damit die Zahl der Abnahmestellen um 17 erhöht, die privilegierte Strommenge allerdings um 0,6 TWh bzw. 7,0 Prozent verringert (siehe Tabelle 22). Der relative Rückgang der privilegierten Strommenge fiel im Bundesdurchschnitt mit 2,9 Prozent deutlich niedriger aus und der Anteil Hessens am gesamten privilegierten Strom in Deutschland sank im Jahr 2022 auf 8,1 Prozent (Vorjahr: 8,4 %).

Rückblickend war in Hessen eine starke Zunahme der privilegierten Strommenge im Jahr 2014 festzustellen. Ursächlich für den Anstieg von 4,1 TWh im Jahr 2013 auf 8,4 TWh im Jahr 2014 waren Unternehmenssitzverlagerungen von Schienenbahnbetreibern. Seitdem bewegen sich die privilegierten Strommengen zwischen 9,0 und 9,6 TWh.

In Abbildung 69 zeigt für Hessen die Verteilung der privilegierten Abnahmestellen im Jahr 2022 differenziert nach einzelnen Industriebranchen. Dabei sind im Vergleich zum Vorjahr einige Veränderungen festzustellen, was vor allem auf die gestiegene Zahl der Abnahmestellen zurückzuführen ist.³¹ So entfallen 27 der insgesamt 146 begünstigten Abnahmestellen auf die Chemische Industrie, was einem Anteil von 19 Prozent entspricht. Im Vorjahr waren es 25 von insgesamt 129 Abnahmestellen, was ebenfalls einem Anteilswert von 19 Prozent entsprach. Es folgen Schienenbahnen mit 21 Abnahmestellen (Vorjahr: 17) und wie im Vorjahr mit jeweils 15 Abnahmestellen die Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren und Metallerzeugung und -bearbeitung. Der Bereich Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau hat 13 Abnahmestellen (Vorjahr: 9).

³¹ Zum Vergleich siehe HMWEVW 2022.

Weitere elf Abnahmestellen entfallen jeweils auf die Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln und die Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden mit jeweils einer Abnahmestelle mehr als im Vorjahr. Mit jeweils neun Abnahmestellen folgen die Herstellung von Metallerzeugnissen (Vorjahr: 8) und die Herstellung von Papier und Pappe (Vorjahr: 8). Die Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel) kommt auf acht Abnahmestellen, eine mehr als im Vorjahr.

Zudem hat sich in der verbleibenden Sammelgruppe Sonstige die Zahl der Abnahmestellen auf sieben erhöht (Vorjahr: 5). Neu hinzugekommen ist in dieser Kategorie

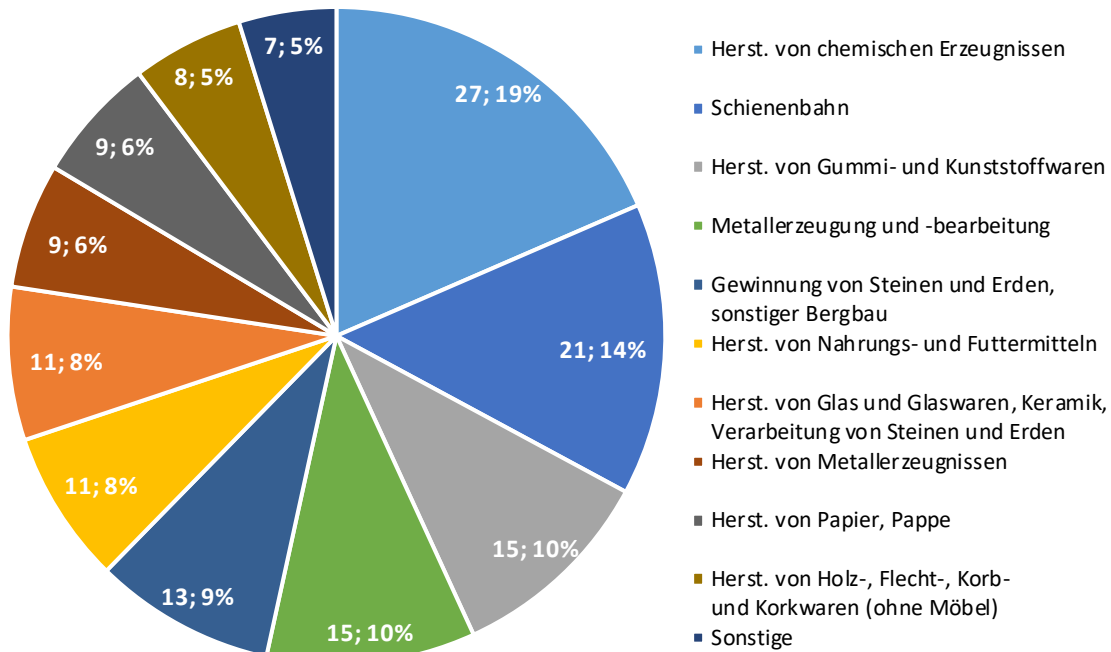
die Herstellung von Druckerzeugnissen; Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern mit einer Abnahmestelle, in der Herstellung von elektrischen Ausrüstungen blieb die Anzahl der Abnahmestellen unverändert bei zwei und auf die Branche Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen sowie Rückgewinnung entfielen vier Abnahmestellen (Vorjahr: 3).

Tabelle 22: Besondere Ausgleichsregelung: privilegierte Strommengen nach Bundesländern 2010-2022

Land	2010	2015	2019	2020	2021	2022	Veränderung 2021-2022	Anteil an Deutschland	
	(in TWh)							2010	2022
Baden-Württemberg	6,2	7,0	6,9	7,5	7,4	7,5	0,6%	7,2%	6,7%
Bayern	9,8	13,9	14,8	14,3	15,6	15,0	-3,7%	11,3%	13,5%
Berlin	0,9	1,4	1,2	1,3	1,2	1,2	-1,9%	1,0%	1,1%
Brandenburg	4,6	4,8	4,9	5,8	5,9	5,8	-1,9%	5,3%	5,2%
Bremen	0,1	0,2	0,5	1,1	1,0	0,9	-6,5%	0,1%	0,8%
Hamburg	3,7	4,6	4,5	4,6	4,4	4,5	2,3%	4,3%	4,1%
Hessen	4,1	9,6	9,4	9,4	9,6	9,0	-7,0%	4,7%	8,1%
Mecklenburg-Vorpommern	0,5	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	-7,8%	0,6%	0,9%
Niedersachsen	9,6	10,8	11,8	12,3	11,8	11,8	-0,6%	11,1%	10,6%
Nordrhein-Westfalen	32,2	32,8	34,6	25,0	33,7	32,4	-3,9%	37,2%	29,2%
Rheinland-Pfalz	3,2	5,4	5,4	5,6	5,5	5,1	-7,0%	3,7%	4,6%
Saarland	1,0	1,4	2,1	1,7	1,8	1,6	-7,2%	1,2%	1,5%
Sachsen	3,2	4,7	5,0	5,2	5,1	4,8	-5,9%	3,7%	4,3%
Sachsen-Anhalt	4,4	6,1	6,1	6,2	6,1	6,2	2,0%	5,1%	5,6%
Schleswig-Holstein	1,4	1,8	1,5	1,6	1,7	1,8	5,6%	1,6%	1,6%
Thüringen	1,6	2,4	2,2	2,3	2,3	2,2	-0,2%	1,8%	2,0%
Insgesamt	86,5	108,1	112,1	115,2	114,4	111,0	-2,9%	100%	100%

Quelle: BAFA 2023d, Berechnungen der Hessen Agentur.

Abbildung 69: Verteilung der von der EEG-Umlage befreiten Abnahmestellen in Hessen nach Branchen 2022
(absolut und in %)



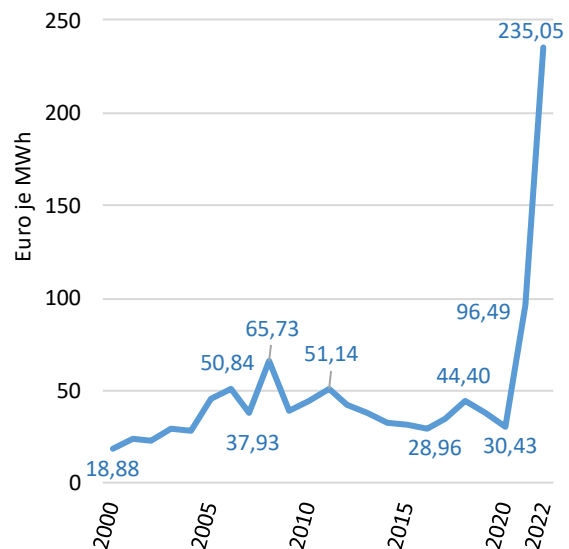
Quelle: BAFA 2023d, Berechnungen der Hessen Agentur.

Entwicklung des Großhandelsstrompreises

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

Die Preisentwicklung von Großhandelsstrom kann im Zeitverlauf ab dem Jahr 2000 am Beispiel des von KWK-Anlagen erzeugten Grundlaststroms dargestellt werden. Dieser sogenannte KWK-Index ist für die Jahre von 2000 bis 2022 als Jahresdurchschnittswert abgebildet (siehe Abbildung 70). Beginnend im Jahr 2000 mit einem Preis in Höhe 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 sinkt der Strompreis wieder deutlich bis zum Jahr 2016 auf 28,96 Euro je MWh.

Abbildung 70: KWK-Index zur Preisentwicklung des an der EEX für Deutschland gehandelten Grundlaststroms 2000-2022 (in Euro/MWh)



Quelle: European Energy Exchange 2023.

Steigende Energierohstoff- und CO₂-Preise ließen den Großhandelspreis anschließend wieder auf 44,40 Euro je MWh im Jahresdurchschnitt 2018 ansteigen. Danach ist zunächst eine rückläufige Preisentwicklung für Großhandelsstrom auf 30,43 Euro je MWh im Jahresdurchschnitt 2020 erkennbar. Dabei waren im zweiten Quartal 2020 im Schnitt nur 20,26 Euro je MWh zu zahlen, das war der niedrigste Strompreis seit dem Jahr 2000.

Seitdem 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 lange 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 eineinhalbmal 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, die sich im ersten Quartal 2023 weiter auf 115,80 Euro je MWh 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 seit dem Jahr 2000 dargestellt.

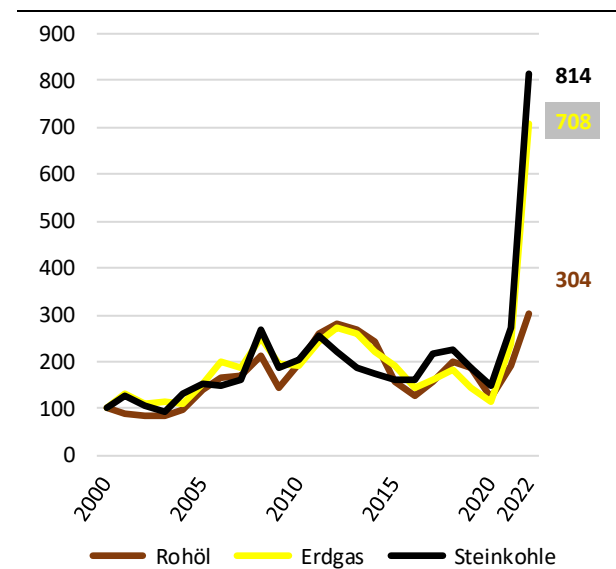
Im Jahresdurchschnitt 2000 lag der Preis je Tonne Rohöl bei 227 Euro, je Terajoule (TJ) Erdgas bei knapp 3.000 Euro und je Tonne Steinkohleeinheit (SKE) bei 42 Euro. Im Jahr 2022 musste für die entsprechende Menge Rohöl 690 Euro, für Erdgas gut 21.000 Euro und für Steinkohle 342 Euro gezahlt werden. Mit Indexwerten von 814 für Steinkohle, 708 für Erdgas und 304 für Rohöl lagen diese Energiepreise im Jahresdurchschnitt 2022 um mehr als das Siebenfache, Sechsfache bzw. das Doppelte über dem Preisniveau des Basisjahres 2000.

Grundsätzlich haben sich insbesondere die Preise der beiden fossilen Rohstoffe Rohöl und Erdgas über den gesamten Zeitverlauf sehr ähnlich entwickelt. Dabei zeichnet sich mit Ausnahme des Jahres 2009, dem Jahr der

globalen Finanz- und Wirtschaftskrise, zunächst eine nahezu kontinuierliche Aufwärtsentwicklung bis zum Jahr 2012 ab. Damals lag der Preis für Rohöl bei 643 Euro je Tonne und für Erdgas bei fast 8.100 Euro je TJ. Danach sind die Preise bis zum Jahr 2016 zunächst deutlich gesunken, haben sich bis 2018 zwischenzeitlich abermals erhöht und sind im Jahr 2020 wieder deutlich in etwa auf den Stand des Jahres 2016 gesunken.

Abbildung 71: Preisentwicklung energetischer Rohstoffeinfuhren in Deutschland 2000-2022

(nominal; Index 2000 = 100)



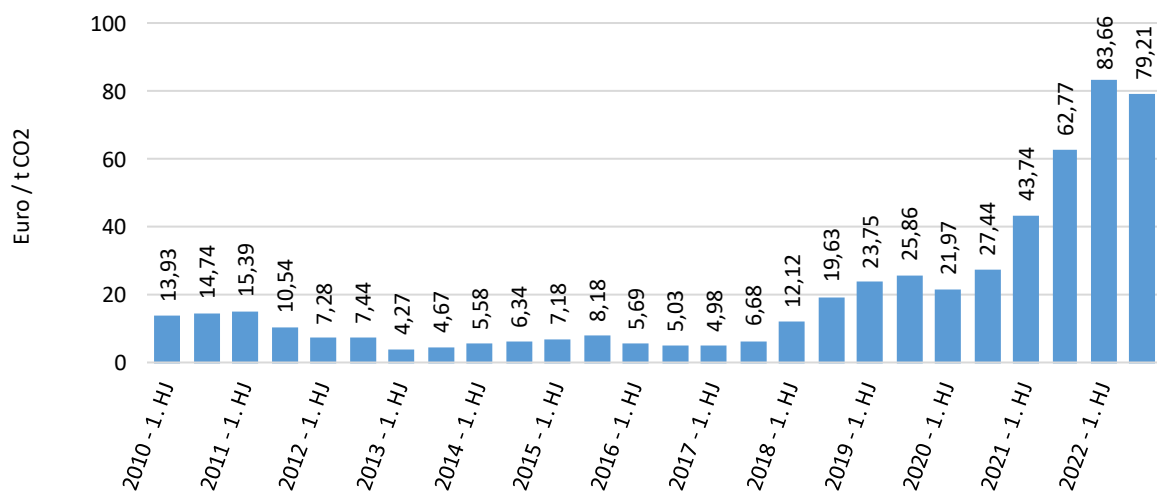
Quelle: BAFA 2023e, Destatis 2023c.

Durch den rasanten Preisanstieg der fossilen Energieträger im Jahr 2022 hat sich die Konkurrenzfähigkeit der erneuerbaren Energien spürbar verbessert, was sich bereits an der steigenden Nachfrage von PV-Anlagen zur Stromerzeugung zeigt (siehe dazu Kapitel 6.1).

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 Preiszuschlag 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.

Abbildung 72: Halbjahresentwicklung der Preise für CO₂-Emissionen 1. Halbjahr 2010 bis 2. Halbjahr 2022 nach EU ETS (in Euro je t CO₂)



Quelle: BMWK 2022a, Deutsche Börse 2023.

In Abbildung 72 ist die Entwicklung der Zertifikatspreise für CO₂-Emissionen im EU ETS, die bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen entstehen, in Halbjahresschritten beginnend im Jahr 2010 dargestellt. Es wird ersichtlich, dass sich die Preisentwicklung bereits im Laufe des Jahres 2021 deutlich beschleunigt hat und sich dies auch im Jahr 2022 fortgesetzt hat. Trotz des leichten Preisrückgangs von 83,66 Euro je Tonne CO₂ in der ersten Jahreshälfte auf 79,21 Euro je Tonne CO₂ in der zweiten Jahreshälfte 2022, zeichnet sich noch keine stabile Trendumkehr ab. So lag der Zertifikatspreis im Dezember 2022 wieder bei knapp 88 Euro je Tonne CO₂ und auch aus den bisher für das Jahr 2023 vorliegenden Daten ist mit einem weiteren leichten Ansteigen der Zertifikatspreise zu rechnen. Dies wird die Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Energien im Vergleich zu fossilen Energieträgern weiter verbessern.

Zu Jahresbeginn 2021 hat in Deutschland auf Grundlage des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG) der nationale Emissionshandel für die Sektoren Verkehr und Wärme begonnen. Diese Sektoren sind bisher nicht über den europäischen Emissionshandel abgedeckt. Seit dem 1. Januar 2021 müssen 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 Erhö-

hung auf 35 Euro vorgesehen. Wegen der hohen Preissteigerungen für Energie wurde darauf verzichtet und die Anhebung auf das Jahr 2024 verschoben.

10.2 Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz

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

Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien³²

In Hessen wurden im Jahr 2022 Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Höhe von insgesamt 1.025,6 Mio. Euro getätigt und damit, wie zuletzt im Jahr 2011, wieder die Marke von 1 Mrd. Euro überschritten (siehe Tabelle 23).

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).

Tabelle 23: Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung in Hessen (nominal, in Mio. Euro)

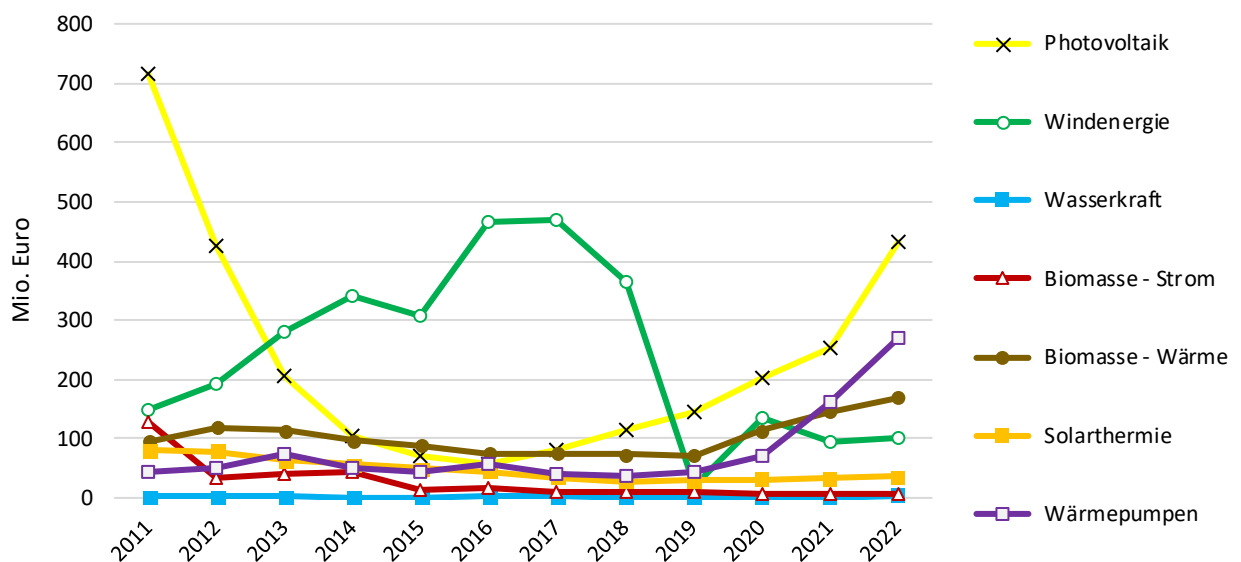
Jahr	Investitionen in Mio. Euro		
	Strom	Wärme	Gesamt
2011	996,4	219,2	1.215,6
2012	656,3	248,7	905,0
2013	529,8	250,8	780,6
2014	492,9	203,7	696,5
2015	393,7	183,4	577,1
2016	542,2	177,6	719,8
2017	560,6	149,8	710,3
2018	487,5	139,9	627,5
2019	175,3	144,0	319,3
2020	348,0	214,7	562,7
2021	355,1	340,8	695,9
2022	545,7	480,0	1.025,6

Quelle: ZSW 2016, 2017, 2018a, 2019 ... bis 2023a.

Dies war nach dem heftigen Einbruch im Jahr 2019 bereits das dritte Mal infolge wieder eine Zunahme. Dabei stieg die Gesamtinvestitionssumme um 329,7 Mrd. Euro bzw. um 47,4 Prozent gegenüber dem Vorjahr 2021. Ursächlich hierfür war ein kräftiger Anstieg der Investitionen in Anlagen zur Stromerzeugung, die um 190,6 Mio. Euro bzw. 53,7 Prozent zugenommen haben. Aber auch der Zuwachs bei Anlagen zur Wärmeerzeugung trug mit einem Plus von 139,2 Mio. Euro (+40,8 %) wesentlich zur positiven Gesamtentwicklung bei.

Differenziert nach einzelnen Anlagearten wiesen im Jahr 2022 alle Sparten ein Wachstum im Vergleich zum Vorjahr auf (siehe Abbildung 73). Am meisten wurde mit 433,7 Mio. Euro in Photovoltaikanlagen investiert, die auch die höchste Zunahme (+178,9 Mio. Euro bzw. +70,2 %) gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen hatten. Dicht gefolgt von Investitionen in Wärmepumpen in Höhe von 271,1 Mio. Euro (+108,0 Mio. Euro bzw. +25 % mehr als im Jahr 2021). In Biomasseanlagen zur Wärmeerzeugung wurden 170,3 Mio. Euro investiert (+24,8 Mio. Euro bzw. +28,2 %) und damit deutlich mehr als in Windenergieanlagen mit einem Investitionsvolumen von 102,3 Mio. Euro (+7,2 Mio. Euro bzw. +7,6 % ggü. 2021).

Abbildung 73: Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen nach Anlagearten in Hessen 2011-2022 (nominal, in Mio. Euro)



Quelle: ZSW 2016, 2017, 2018a, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023a.

Mit deutlichem Abstand folgen Solarthermie mit Investitionen in Höhe von 35,6 Mio. Euro und einem Plus von 3,4 Mio. Euro (+10,6 %), Biomasseanlagen zur Stromerzeugung, die mit Investitionen in Höhe von 5,4 Mio.

Euro nahezu unverändert auf dem Vorjahresniveau blieben (+100.000 Euro bzw. +2,8 %), Wasserkraftanlagen mit 4,3 Mio. Euro und tiefe Geothermieanlagen mit 3,0 Mio. Euro.

Für Wasserkraftanlagen und tiefe Geothermie³³ ist ein Vergleich mit dem Vorjahr nicht möglich, da dafür im Jahr 2021 keine Investitionen zu verzeichnen gewesen waren.

Entwicklung der spezifischen Investitionskosten für Photovoltaik- und Windenergieanlagen

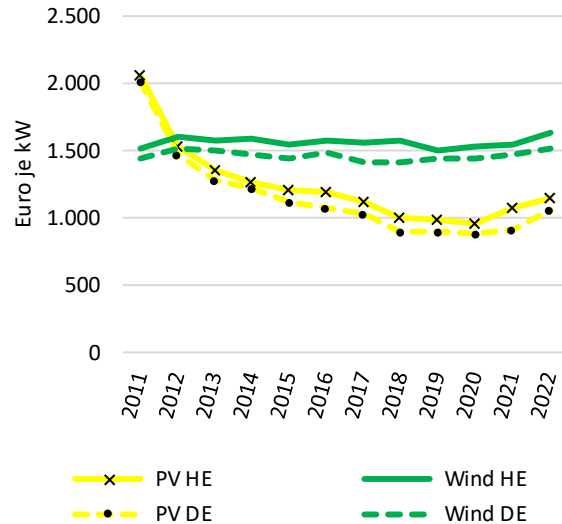
Abbildung 74 zeigt die Entwicklungen der mittleren spezifischen Investitionskosten in den Jahren 2011 bis 2022 für in Hessen und bundesweit zugebaute Photovoltaik- und Windenergieanlagen an Land. Für beide Anlagenarten entwickeln sich die mittleren Kosten für Hessen und den Bundesdurchschnitt weitgehend 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.

Während bei Photovoltaikanlagen in Hessen und Deutschland über den gesamten Zeitverlauf von 2011 bis 2020 ein kontinuierlicher Preisrückgang von anfänglich über 2.000 Euro je kW im Jahr 2011 auf 960 Euro (Hessen) bzw. 880 Euro (Deutschland) im Jahr 2020 feststellbar ist, sind die Investitionskosten je kW seit 2021 wieder angestiegen auf 1.150 Euro in Hessen und 1.060 Euro in Deutschland. Dies ist ein Preisanstieg gegenüber dem Tiefststand im Jahr 2020 von 190 Euro je kW in Hessen und 180 Euro im Bundesdurchschnitt. Ursächlich für die Verteuerung dürften Lieferengpässe infolge der Coronapandemie sein, da die Null-Covid-Strategie Chinas, dem wichtigsten Hersteller von PV-Anlagen weltweit, erst gegen Jahresende 2022 gelockert wurde.

Ebenfalls spürbar angestiegen sind die spezifischen Investitionskosten von Windenergieanlagen, die sich in Hessen binnen Jahresfrist um 90 Euro auf 1.630 Euro je kW im Jahr 2022 verteuert haben (Deutschland: +40 Euro auf 1.510 Euro je kW).

Abbildung 74: Entwicklung der spezifischen Investitionskosten für Photovoltaik- und Windenergieanlagen in Hessen und im Bundesdurchschnitt 2011-2022 (in Euro je kW installierter Leistung)



Quelle: ZSW 2023a.

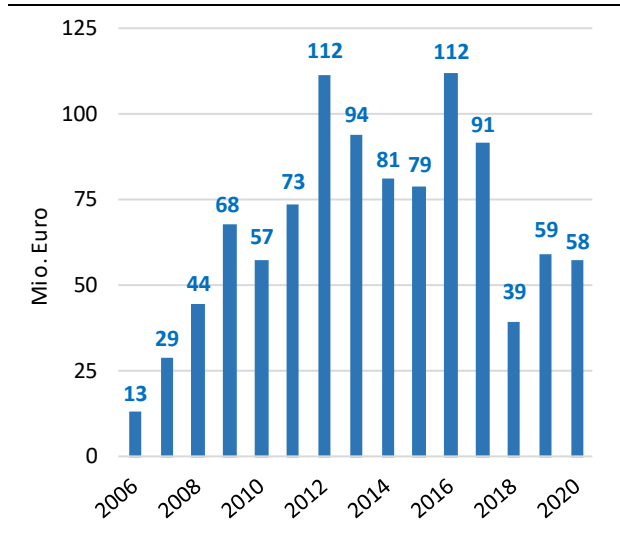
Investitionen hessischer Unternehmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien

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 2020. Demnach lag die Investitionssumme im Jahr 2020 bei insgesamt 57,5 Mio. Euro, geringfügig weniger als im Vorjahr (-1,3 Mio. Euro bzw. -2,3 %).

Mit 43,6 Mio. Euro entfällt der weitaus größte Teil des Investitionsvolumens auf Aktivitäten zur Steigerung der Energieeffizienz. Knapp 14 Mio. Euro wurden von Unternehmen des Produzierenden Gewerbes zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2020 investiert.

³³ An der Technischen Universität Darmstadt wurden im Rahmen des Forschungsprojekts SKEWS (Saisonaler Kristalliner Erdwärmespeicherspeicher) im Jahr 2022 Investitionen in Höhe von 3 Mio. Euro für Bohrungen bis 750 Meter Tiefe getätigt (siehe dazu: https://www.geo.tu-darmstadt.de/geothermie/forschungsprojekte_ag/laufende_projekte_ag/skews.de.jsp).

Abbildung 75: Investitionen hessischer Betriebe des Produzierenden Gewerbes zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien 2006-2020 (nominal, in Mio. Euro)



Quelle: HSL 2023a.

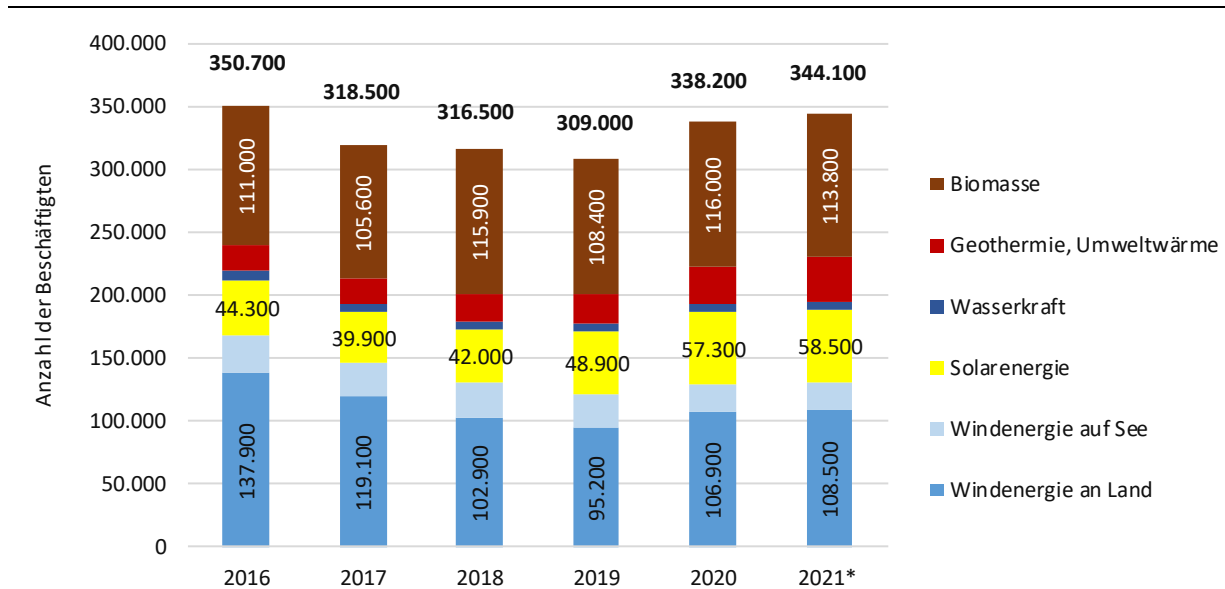
10.3 Beschäftigung im Energiebereich

Die mit der Energiewende einhergehenden Umstrukturierungen des Energiesystems wirken sich auf den Arbeitsmarkt aus. Dabei können positiven Beschäftigungseffekten durch den Ausbau der erneuerbaren Energien und durch Energieeffizienzmaßnahmen auch negative Substitutionseffekte gegenüberstehen. In einer eigens beauftragten Studie zur Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien wurden für Hessen im Jahr 2016 insgesamt 17.630 Beschäftigte ermittelt (HMWEVL 2018).³⁴

Da seither keine neuen Werte zur Beschäftigungsentwicklung durch erneuerbare Energien auf Bundesländerebene veröffentlicht wurden, soll am Beispiel von Deutschland zumindest der Entwicklungsverlauf der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien skizziert werden (siehe Abbildung 76).

Für Deutschland wurden zuletzt im Oktober 2022 Angaben zur Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien differenziert nach Anlagearten mit Stand Mai 2022 veröffentlicht. Bei den Daten für 2021 handelt es sich um vorläufige Werte. Demnach bezifferte sich im Jahr 2021 die Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien auf insgesamt 344.100 Beschäftigte.

Abbildung 76: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland 2016-2021*



* vorläufige Daten für 2021.
Quelle: BMWK 2022.

³⁴ Die Bruttobeschäftigung einer Branche umfasst sowohl alle direkt (z. B. für Herstellung, Nutzung, Betrieb und Wartung) als auch indirekt (durch Nachfrage nach Vorlieferungen aus anderen Branchen) beschäftigten Personen (siehe auch Glossar).

Das waren zwar 6.600 weniger als im Jahr 2016 mit 350.700 Beschäftigten. Im Zeitverlauf zeigt sich aber, dass die Beschäftigtenzahl ab 2016 bis 2019 kontinuierlich rückläufig auf einen Beschäftigtenstand von 309.000 war. Seitdem ist die Entwicklung wieder deutlich aufwärtsgerichtet.

Mit Blick auf die einzelnen Anlagearten sind markante Entwicklungsunterschiede feststellbar. In der Sparte Geothermie und Umweltwärme hat sich die Beschäftigtenzahl kontinuierlich auf zuletzt 35.000 Beschäftigte im Jahr 2021 erhöht, ein Plus von 16.100 (+81,3 %) im Vergleich zum Jahr 2016. Dies ist vor allem auf die hohe Nachfrage nach Wärmepumpen zurückzuführen.

Auch die Solarenergie expandierte mit einem Zuwachs in Höhe von 14.200 Beschäftigten (+32,1 %) in den letzten fünf Jahren deutlich. Zudem weist die Sparte Biomasse mit 113.800 Beschäftigten einen Zuwachs in Höhe von 2.800 Beschäftigten (+2,5 %) gegenüber dem Jahr 2016 auf, allerdings vollzieht sich die Entwicklung mit ausgeprägten jährlichen Schwankungen. Die Windenergie an

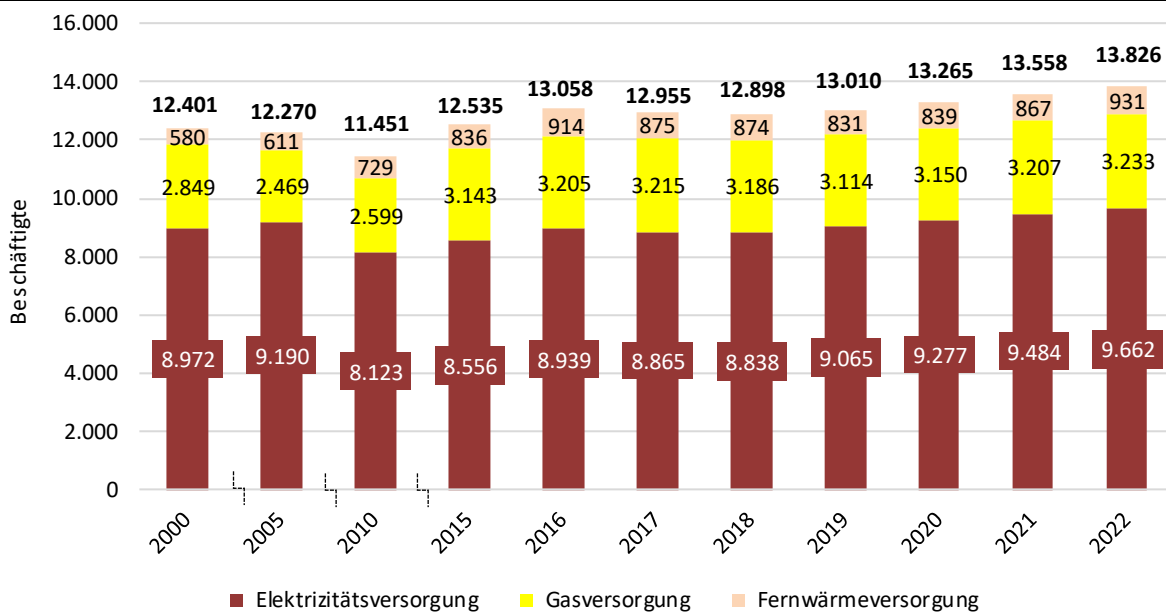
Land unterschritt 2021 zwar den Beschäftigtenstand von 2016 um 8.100 (-27,32 %), dabei wurde der Tiefpunkt im Jahr 2019 erreicht und seitdem hat wieder ein Arbeitsplatzaufbau stattgefunden.

Der Beschäftigungsbeitrag von Wasserkraftanlagen ist mit zuletzt 5.700 Beschäftigten vergleichsweise gering und der Beschäftigtenstand des Jahres 2016 wird damit um 2.200 (-27,8 %) unterschritten. Allerdings vollzog sich die Beschäftigungsentwicklung – ähnlich wie bei der Biomasse – von Jahr zu Jahr stark schwankend.

Beschäftigungsentwicklung in der Energiewirtschaft

Im Jahr 2022 waren in Hessen 13.826 Menschen in Energieversorgungsunternehmen, die überwiegend der konventionellen Energiewirtschaft³⁵ zugeordnet werden, tätig (siehe Abbildung 77). Dies sind 268 Personen bzw. 2,0 Prozent mehr als im Jahr zuvor und damit der Höchststand im betrachteten Zeitraum von 2000 bis 2022.³⁶

Abbildung 77: Beschäftigungsentwicklung in Energieversorgungsunternehmen in Hessen 2000-2022



Quelle: HSL 2023a; Basis sind monatliche Durchschnittswerte für Beschäftigte nach fachlichen Betriebsteilen in Betrieben mit im Allgemeinen 20 und mehr Beschäftigten.

³⁵ 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.

³⁶ 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 sich die Zahl der Beschäftigten in allen Sparten der Energiewirtschaft erhöht. Am absolut stärksten war die Zunahme im Bereich Elektrizitätsversorgung in Höhe von 178 Beschäftigten bzw. 1,9 Prozent. Die Zuwächse in der Fernwärmeversorgung beziffern sich auf 64 Arbeitsplätze (+7,4 %) und in der Gasversorgung auf 26 Arbeitsplätze (+0,8 %).

Die Beschäftigten verteilen sich ähnlich wie im Vorjahr zu 70 Prozent auf die Elektrizitätsversorgung, zu 23 Prozent auf die Gasversorgung und zu 7 Prozent auf die Fernwärmeversorgung.

Langfristig hat im überwiegend konventionellen Energiebereich die Zahl der Beschäftigten tendenziell zugenommen. So gab es im Jahr 2022 insgesamt 1.425 Arbeitsplätze mehr (+11,5 %) als im Jahr 2000. Dabei hat die Zahl der Arbeitsplätze in der Fernwärmeversorgung um 351 bzw. 60,5 Prozent, in der Gasversorgung um 384 bzw. 13,5 Prozent und in der Elektrizitätsversorgung um 690 bzw. 7,7 Prozent zugenommen.

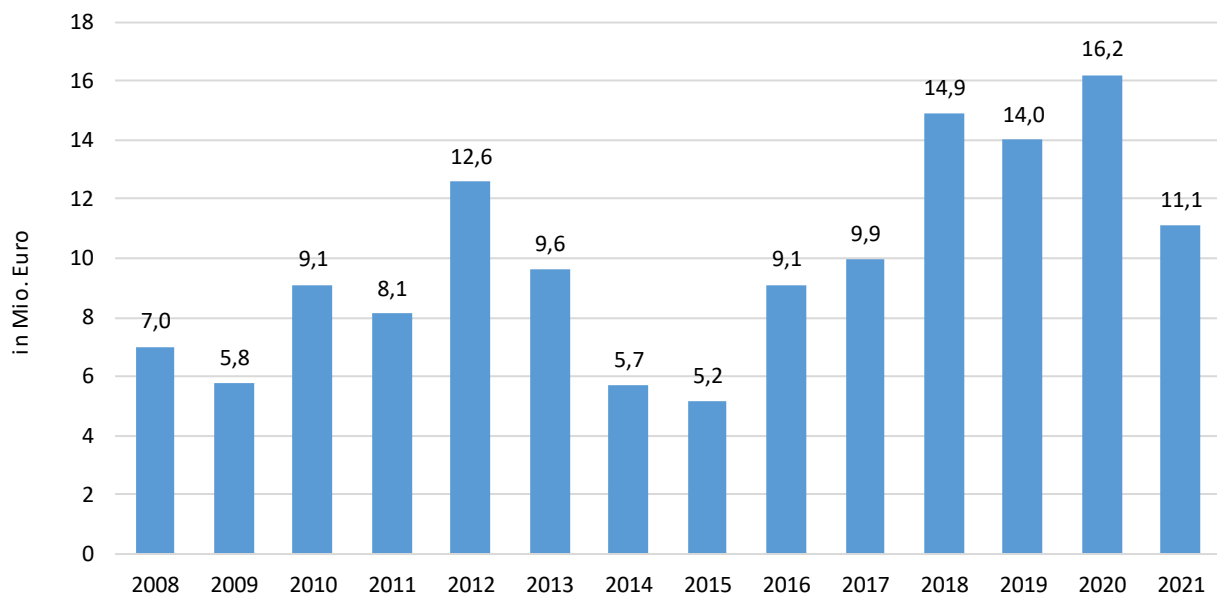
10.4 Forschung und Entwicklung

Die Forschungsförderung im Energiebereich leistet einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung effizienter und klimaschonender Energietechnologien und zur Sicherung der Energieversorgung. Im Folgenden werden die Aktivitäten der Forschungsförderung des Landes Hessen sowie die Forschungsförderprogramme des Bundes dargestellt und 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 2021 hat das Land Hessen im Bereich der nicht nuklearen Energieforschung Mittel in Höhe von insgesamt 11,1 Mio. Euro aufgebracht. Gegenüber dem Vorjahr bedeutet dies einen Rückgang um 5,1 Mio. Euro bzw. 31,5 Prozent (siehe Abbildung 78).

Abbildung 78: Förderung der Energieforschung des Landes Hessen 2008-2021 (nominal, in Mio. Euro)



Quelle: BMWK 2023d; für das Jahr 2014 korrigierte Zahl.

Mit Abstand die meisten Mittel der hessischen Energieforschungsförderung flossen im Jahr 2021 in den Bereich Energieeffizienz im Verkehr mit 7,8 Mio. Euro. Hier schlugen sich die umfangreichen Aktivitäten zur Förderung der Elektromobilität nieder. Auch im Bundesländervergleich setzte Hessen hier einen deutlichen Akzent. Nur in Baden-Württemberg wurden in diesem Forschungsbereich mehr Mittel eingesetzt (21,0 Mio. Euro).

Gemessen am Fördermittelvolumen war der zweitwichtigste Förderbereich in Hessen die Energieeffizienz in Gebäuden und Quartieren mit einem Volumen von 1,0 Mio. Euro. Gegenüber dem Vorjahr (4,2 Mio. Euro) ist hier jedoch eine deutliche Verringerung festzustellen. Im Bundesländervergleich haben in diesem Bereich gleichwohl nur Bayern (1,9 Mio. Euro), Nordrhein-Westfalen

(1,5 Mio. Euro) und Hamburg (1,3 Mio. Euro) mehr Fördermittel eingesetzt (PTJ 2023a).

Insgesamt wurden von den Bundesländern im Jahr 2021 Mittel in Höhe 430,6 Mio. Euro für die Förderung der Energieforschung zur Verfügung gestellt, was eine Steigerung von 11,0 Prozent bedeutet (BMWK 2023d).³⁷

Auf die Projektförderung entfielen 58,7 Prozent der Forschungsfinanzierung, die institutionelle Förderung machte einen Anteil von 41,3 Prozent aus. In Hessen wurde ausschließlich Projektförderung betrieben. Auch in Thüringen und Rheinland-Pfalz (jeweils 88,0 %), Bayern (83,0 %) und Baden-Württemberg (75,0 %) bildete die Projektförderung die wesentliche Energieforschungsgrundlage.

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE

In Kassel angesiedelt ist das Fraunhofer IEE, eines der wichtigsten deutschen Energieforschungsinstitute. Das IEE forscht seit über 30 Jahren für eine Energieversorgung der Zukunft auf Basis der erneuerbaren Energien. Dabei sind das systemische Verständnis des Energiesystems sowie Fragestellungen der Digitalisierung der Energieversorgung Schwerpunkte der Arbeit. Das Fraunhofer IEE überführt Forschung in die praktische Anwendung: Für Partner aus der Wirtschaft werden Lösungen für technische und wirtschaftliche Herausforderungen der Energiewende entwickelt, etwa für die fortschreitende Einbindung erneuerbarer, dezentraler Erzeuger in das Netz.

Das Fraunhofer IEE hat in den zurückliegenden Jahren nennenswerte Sonderfinanzierungen erhalten, nicht nur für den Institutsneubau in der Nähe des Kasseler Hauptbahnhofs, sondern auch für den Aufbau des neuen Forschungsschwerpunkts „Energiesystem Stadt“ sowie des Kompetenzzentrums „Kognitive Energiesysteme“ (K-ES). Hessen fördert den Bau mit bislang 33 Mio. €, für die beiden genannten Anschubfinanzierungen sind jeweils insgesamt rund 6 Mio. € vorgesehen. Damit wird in der Region Nordhessen die kontinuierliche Weiterentwicklung zukunftsweisender Forschung im Bereich der Energiesysteme ermöglicht.

Bundesförderung der Energieforschung

Im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms hat die Bundesregierung im Jahr 2022 Fördermittel in Höhe von insgesamt 1,49 Mrd. Euro für die Energieforschung zur Verfügung gestellt (BMWK 2023d). Im Vergleich zum Vorjahr bedeutet dies ein Plus von 13,0 Prozent. Der größte Anteil fiel auf die Projektförderung mit insgesamt 1,11 Mrd. Euro, womit 7.365 laufende Forschungsvorhaben unterstützt und 1.661 Projekte neu bewilligt wurden. Die wichtigsten Themenbereiche sind Energieerzeugung (23,0 %), Systemintegration: Netze, Speicher, Sektorenkopplung (19,0 %), strategische Förderformate (18,9 %), Energiewende in den Verbrauchssektoren (17,8 %) sowie systemübergreifende Forschungsthemen der Energiewende (16,6 %).

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

- In Hessen ist das im Mai 2021 gestartete Reallabor „DELTA – Darmstädter Energie-Labor für Technologien in der Anwendung“ verortet, eines der bundesweit aktuell zwölf Reallabore der Energiewende. Mit den Reallaboren sollen innovative Technologien und

Verfahren im realen Umfeld und industriellen Maßstab erprobt werden. Ziel der Initiative ist es, neue Energietechnik schneller zur Marktreife zu bringen und damit den Technologietransfer zu beschleunigen. Im Zentrum des Reallabors DELTA steht die Frage, wie Darmstadt und vergleichbare Städte den nächsten Schritt zur Energiewende und Klimaneutralität gehen können (vgl. Kasten). Die Fördersumme für das Vorhaben mit einer Laufzeit von 2021 bis 2026 liegt bei 40 Mio. Euro.

- 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 Wasserstoff-Transport. Bei allen drei Leitprojekten sind zahlreiche hessische Forschungsinstitutionen und Unternehmen als Projektpartner beteiligt (vgl. BMBF 2023).

³⁷ Die Angaben umfassen ausschließlich den von den Ländern aufbrachten Eigenanteil. Über EU-Beteiligungsfinanzierungen aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) fließen noch zusätzliche Mittel in die Energieforschungsförderung der Länder ein.

Im zentralen Informationssystem der Energieforschungsförderung EnArgus sind Daten zu den durch den Bund im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms geförderten Forschungsprojekten abrufbar.

Für Hessen waren Ende Juni 2023 insgesamt 2.879 Förderprojekte aufgeführt, davon wurden 202 Projekte im Jahr 2022 und 94 Projekte bis Ende Juni 2023 neu bewilligt (vgl. Tabelle 24).

Tabelle 24: Anzahl der in Hessen im Jahr 2022 und bis zum 30.06.2023 im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms neu bewilligten Förderprojekte nach Fördersumme (nominal, in Euro)

Fördersumme in Euro	2022	2023
< 100.000	65	30
100.000 bis < 200.000	33	14
200.000 bis < 500.000	56	30
500.000 bis < 1 Mio.	28	13
> 1 Mio.	20	7
Insgesamt	202	94

* Stichtag: 30. Juni 2023

Quelle: PTJ 2023c.

Das nunmehr achte Energieforschungsprogramm der Bundesregierung befindet sich seit März 2023 im Konsultationsprozess. Es greift die Ziele der Bundesregierung im Wärme- und Stromsektor für 2030 und 2045 sowie beim Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft auf und soll einen wichtigen Beitrag zu Klimaschutz und Versorgungssicherheit leisten. Im Rahmen der Strategieentwicklung hat bereits ein umfangreicher Konsultationsprozess mit Vertreterinnen und Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft stattgefunden, um breite Expertise in das neue Energieforschungsprogramm einzubringen.

Auch außerhalb des Energieforschungsprogramms fördert die Bundesregierung Maßnahmen zur Innovationsförderung im Energiebereich (BMWK 2023d). Zu nennen sind hier beispielsweise die Beteiligung der Bundesregierung an Important Projects of Common European Interest (IPCEI) für Wasserstoff der Europäischen Kommission, der Forschungscampus, die Leittechnologien für KMU für die Energiewende im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung, das seit 2007 im Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) angesiedelte Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) sowie das Gesamtförderkonzept Erneuerbare Kraftstoffe (ebenfalls BMDV), das vier Fördermaßnahmen umfasst, die sowohl die Weiterentwicklung als auch den Markthochlauf erneuerbarer Kraftstoffe unterstützen.

DELTA – Darmstädter Energie-Labor für Technologien in der Anwendung

Das Darmstädter Energie-Labor für Technologien in der Anwendung ist Schaufenster für die urbane Energiewende durch interagierende energieoptimierte Quartiere. Die Stadtquartiere müssen untereinander interagieren, damit innerhalb einer Stadt als Ganzes der Energiebedarf so weit wie möglich reduziert und Energie effizient eingesetzt werden kann. Damit sollen die Netze besser ausgelastet und gekoppelt werden, sodass sektorübergreifende Synergien entstehen. Übergeordnetes Ziel ist das Reduzieren von Energieverbrauch und Kohlendioxid ausstoß in Stadtquartieren.

An DELTA sind Partner aus Industrie und Forschung, darunter auch kommunale Unternehmen, beteiligt. Konsortialführer ist die Technische Universität Darmstadt.

Das Projekt gliedert sich in folgende sieben Teilprojekte:

- Energieoptimiertes Wohnquartier
- Interagierendes energieoptimiertes Industriequartier
- Multi-sektoraler Einsatz von dezentraler Elektrolyse
- Energieflexibles Fahrzeugdepot
- Flexible urbane Mittelspannungsnetze
- Urbane Sharing-Modelle
- Technology Scale-up

Querschnittsaufgaben aus den Teilprojekten sind in den drei Clustern gebündelt:

- Energie-Daten
- Energie-Innovationen
- Energie-Akademie

Quelle: PTJ 2023b, TU Darmstadt 2023.

Bei der Forschungsförderung zu erneuerbaren Kraftstoffen wurden im Jahr 2022 auch Projekte in Hessen neu in die Förderung aufgenommen. In Kassel wird mit dem Projekt „WASTELY_AKKS_01ELY: Wasserstoffe für Hausmüllsammelfahrzeuge“ die Errichtung einer Elektrolyseanlage zur Erzeugung von grünem Wasserstoff für den Betrieb von zwei Hausmüllsammelfahrzeugen gefördert und in Friedberg das Projekt „OVAG-HyWind: Oberhessische Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH Wasserstoff aus Windkraft“ die Produktion von grünem Wasserstoff durch den Einsatz von Strom aus Windkraft in Elektrolyseuren. In Frankfurt startete das Projekt „RePoSe: Real time Power Supply for e-fuels – PtL-Produktion bei variabler Stromverfügbarkeit“, das den Betrieb einer Power-to-Liquid-Anlage unter den Bedingungen einer variablen Stromversorgung auf Basis erneuerbarer Energien erprobt (BMDV 2023).

Europäische Energieforschung

Der Kern der Energieforschungsförderung im Forschungsrahmenprogramm der EU, Horizont Europa, liegt im Cluster 5 für Klima, Energie und Mobilität. Der umfassende Teilbereich Energie adressiert dabei F&I-Aktivitäten, die auf eine nachhaltige, sichere und wettbewerbsfähige Energieversorgung abzielen. Zentrale Komponenten sind die Bereiche erneuerbare Energien, Energiesysteme, -netze und Energiespeicherung sowie Kohlenstoffabscheidung, -verwertung und -speicherung. Auch Aspekte der Energieeffizienz werden im Cluster 5 verfolgt. Der strategische Leitrahmen für die Förderausschreibungen ergibt sich aktuell durch den REPowerEU-Plan von Mai 2022 als Reaktion auf den russischen Angriffskrieg. Der Plan zielt vor allem darauf ab, die Abhängigkeit der EU von fossilen Brennstoffen, allen voran russischem Gas und Öl, mithilfe erneuerbarer Energien und steigender Elektrifizierung der EU (in den Bereichen Gebäude, Mobilität, Industrie) mit Nachdruck zu verringern. Die Modernisierung der Energienetze zur Unterstützung der Integration der Energiesysteme ist somit ein wichtiger Aspekt. Die Integration anderer klimaneutraler, erneuerbarer Energieträger, wie z.B. sauberer Wasserstoff, ist hier von großer Relevanz. Innovative Energiespeicherlösungen sind ein Schlüsselement eines neuen Energiesystems.

Im Jahr 2021 waren Akteure aus Deutschland im Energiebereich des Cluster 5 überdurchschnittlich stark an

Verbundvorhaben beteiligt. Rund 200 Projektbeteiligte aus Deutschland konnten in etwa 100 Verbundprojekten insgesamt 106 Mio. Euro an Fördermitteln einwerben. Damit lag Deutschland an zweiter Stelle hinter Spanien. Mit einem Anteil von über 50,0 Prozent am Fördervolumen war thematischer Schwerpunkt der Bereich erneuerbare Energien. Ein weiterer Schwerpunkt lag im Themenfeld Energiesysteme: Netze und Speicher (BMWK 2023d).

Beim dritten Förderaufruf im EU-Innovationsfonds hat die Europäische Kommission im Juli 2023 sieben großvolumige und innovative Dekarbonisierungsprojekte in Deutschland ausgewählt, darunter HynCrease: Produktion von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen in Rodenbach bei Hanau, ein Projekt der De Nora S.p.A. Deutschland. 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 BMWK hat hierzu eine nationale Kontaktstelle eingerichtet und 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 25).

Da die Daten für das Jahr 2022 noch nicht vollständig vorliegen, sind in Tabelle 25 die Jahre 2012 bis 2021 berücksichtigt.³⁸ Um Jahresschwankungen abzuschwächen, werden die Angaben für jeweils vier Jahre in insgesamt sieben Zeiträume zusammengefasst. Zeitraum I umfasst demnach die Patentanmeldungen der Jahre 2012 bis 2015 und Zeitraum VII die Patentanmeldungen der Jahre 2018 bis 2021.

38 Die Patentauswertung für erneuerbare Energien lieferte im Vergleich zur Vorjahresauswertung in allen betrachteten Jahrgängen höhere Ergebnisse. Neben Nachmeldungen aus bereits erfassten Jahrgängen aufgrund des zeitlichen Verzugs zwischen Patentanmeldung und Eintragung in die Patentdatenbank ist dies im Wesentlichen auf eine Aktualisierung der für die Patentauswertung verwendeten IPC-Hauptklassen zur Identifizierung von Technologien im Bereich erneuerbarer Energien 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.

Tabelle 25: Anzahl der Patente im Bereich erneuerbarer Energien in den Bundesländern 2012-2021

	Zeitraum I	Zeitraum II	Zeitraum III	Zeitraum IV	Zeitraum V	Zeitraum VI	Zeitraum VII	Veränderung von I zu VII
	2012-2015	2013-2016	2014-2017	2015-2018	2016-2019	2017-2020	2018-2021	
Baden-Württemberg	372	342	301	243	241	216	209	-44%
Bayern	445	384	354	318	314	279	246	-45%
Berlin	84	69	67	63	58	56	52	-38%
Brandenburg	34	29	25	28	32	29	28	-18%
Bremen	6	8	7	8	17	16	17	183%
Hamburg	129	141	161	203	184	153	99	-23%
Hessen	103	95	89	75	84	76	72	-30%
Mecklenburg-Vorpomm.	41	31	26	25	17	14	11	-73%
Niedersachsen	186	230	236	254	256	196	159	-15%
Nordrhein-Westfalen	251	210	257	270	282	275	216	-14%
Rheinland-Pfalz	50	67	61	74	66	40	36	-28%
Saarland	13	12	9	7	11	13	15	15%
Sachsen	180	167	127	76	80	77	94	-48%
Sachsen-Anhalt	59	64	65	76	59	62	71	20%
Schleswig-Holstein	37	46	47	52	50	44	36	-3%
Thüringen	48	39	24	19	21	15	14	-71%
Deutschland	2.038	1.934	1.856	1.791	1.772	1.561	1.375	-33%

Quelle: ZSW 2023b (Stand: 31.05.2023).

In Deutschland wurden im Zeitraum von 2012 bis 2015 insgesamt 2.038 Patente im Bereich erneuerbarer Energien angemeldet. Im Zeitraum von 2018 bis 2021 waren es 1.375, was einem Rückgang um ein Drittel (-33 %) entspricht. In Hessen fällt der entsprechende relative Rückgang geringfügig niedriger aus (-30 %). Hier nahm die Zahl von 103 Patentanmeldungen im Zeitraum I auf 72 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.

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, geändert am 17. August 2021 (StAnz. 36/2021, S. 1134)	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 ab 20.000 Einwohnerinnen und Einwohner dazu verpflichtet, eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen. Informationen und Unterstützung bietet die LEA: https://www.lea-hessen.de/kommunen/kommunal-waerme-planen/
3	„Fördermittelberatung der LandesEnergieAgentur Hessen“	Informationen zu Fördermöglichkeiten rund um das Thema Energie erhalten Interessierte bei der Fördermittelberatung der LandesEnergieAgentur Hessen GmbH (LEA). Service im Onlineportal: https://www.lea-hessen.de/aufgabenbereiche/foerdermittelberatung/
4	LandesEnergieAgentur Hessen	Die LandesEnergieAgentur Hessen GmbH (LEA) übernimmt im Auftrag der Hessischen Landesregierung zentrale Aufgaben bei der Umsetzung der Energiewende und des Klimaschutzes. Darüber hinaus werden die Aspekte der Verkehrswende mit einbezogen, die eng mit der Energiewende verzahnt bzw. für eine Kombination mit entsprechenden Aktivitäten besonders gut geeignet sind. Ein Schwerpunkt ist die interessenunabhängige Information und Beratung aller Akteure sowohl in fachlicher als auch wirtschaftlicher und 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, Verbände, Vereine und nicht zuletzt für die hessischen Kommunen: www.lea-hessen.de
5	House of Energy	Das House of Energy ist eine Kommunikations- und Projektplattform für einen landesweiten Verbund aus Politik, Industrie- und Energieunternehmen sowie energiewissenschaftlich orientierten universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Es vernetzt das energiewissenschaftliche Know-how in Hessen und initiiert innovative Pilot- und Demonstrationsprojekte. http://www.house-of-energy.org/
6	Energiemonitoring	2014 wurde die Monitoringstelle im Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen eingerichtet. Im Monitoringbericht werden neben dem Energieverbrauch und der Energieerzeugung auch die Themen Netze, Verkehr, Treibhausgasemissionen sowie gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende beschrieben. Zusätzlich werden wechselnde Schwerpunktthemen behandelt. Die erste Veröffentlichung des Monitoringberichts zur Energiewende in Hessen erfolgte im November 2015. Seitdem erscheint der Bericht jährlich. https://wirtschaft.hessen.de/Energie/Daten-Fakten

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
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 bedarfsge- rechten Integration von Bioenergie in zukunftsfähige Energieversor- gungssysteme durchgeführt. Zur Umsetzung der Forschung steht am Standort eine Biogasanlage mit Versuchsfermenter sowie eine Ver- suchsplattform 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 und Wohnen lobt den Hessischen Staatspreis für innovative Energielösun- gen aus und prämiert damit Beiträge, die der Erreichung einer siche- ren, umweltschonenden, bezahlbaren und gesellschaftlich akzeptier- ten Energieversorgung in Hessen dienen. Ziel ist es, bis zu fünf Preise in den Themenfeldern Strom, Wärme, Verkehr, Systemintegration und Nachwuchs zu vergeben. Mit dem Staatspreis werden so innova- tive und zukunftsweisende Lösungen sichtbar gemacht und gefördert.</p> <p>www.hessischer-staatspreis-energie.de</p>
10	Landesnetzwerk Bürger-Energie- genossenschaften Hessen e. V.	<p>Der LaNEG Hessen e. V. ist eine von der Hessischen Landesregie- rung geförderte Initiative für die Vernetzung und Förderung der hes- sischen Bürger-Energiegenossenschaften.</p> <p>http://www.laneg-hessen.de/</p>
11	Contracting-Netzwerk Hessen	<p>Das Contracting-Netzwerk Hessen (CNH) ist eine Initiative des Hes- sischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen. Mit dem jährlichen Contracting-Tag Hessen sowie weiteren Fach- workshops und Netzwerktreffen bietet es eine Plattform für Informa- tions- und Erfahrungsaustausch zum Thema Contracting in Hessen. Darüber hinaus werden im Rahmen des CNH der Hessische Con- tracting-Preis verliehen und erfolgreiche Beispiele von hessischen Contracting-Projekten in einer Neuauflage der Best-Practices-Bro- schüre vorgestellt.</p> <p>https://www.lea-hessen.de/aufgabenbereiche/contracting-netzwerk-hessen/</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
12	Hessen aktiv: Die Klima-Kommunen	<p>Mehr als 370 Klima-Kommunen engagieren sich in diesem Bündnis, das sich aus den „100 Kommunen für den Klimaschutz“ der Nachhaltigkeitsstrategie Hessen entwickelt hat, für den Klimaschutz und die Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Inzwischen ist die Gruppe der Landkreise komplett im Bündnis vertreten. Diese sind besonders wichtig, da sie als regionale Multiplikatoren die Kommunen auch bei der Umsetzung von Maßnahmen und der Beantragung von Fördermitteln unterstützen.</p> <p>Seit 2021 werden die Klima-Kommunen auch verstärkt im Bereich der kommunalen Treibhausgasbilanzierung unterstützt, sowohl durch Beratung als auch durch Unterstützung bei der Datenbeschaffung. So wird auf Basis der Daten des hessischen Energiemonitorings allen Kommunen ein Steckbrief zu den installierten erneuerbaren Energieanlagen geschickt. Zur Vergleichbarkeit werden auch die Daten für Hessen insgesamt angegeben.</p> <p>Ebenfalls seit 2021 gibt es für die Klima-Kommunen eine vorkonzipierte Solarkampagne, die von den Kommunen individualisiert umgesetzt werden kann und sich an Privatpersonen richtet. Hier lassen sich auch Kampagnenelemente aus dem Solarpaket integrieren, ebenso wird das hessische Solar-Kataster beworben. https://www.klima-kommunen-hessen.de</p> <p>Durch den neuen Klimaplan wird das Angebot für die Klima-Kommunen weiter ausgebaut. Seit Ende 2022 wird eine regionale Beratungsstruktur für die Klima-Kommunen entwickelt, wodurch die Kommunen in den Regionen Nord-, Mittel- und Südhessen intensiver als bisher begleitet werden können. Ebenso wird der Bereich vorkonzipierte Maßnahmen ausgebaut. Neben der Solarkampagne soll hier auch das Thema klimaneutrale Verwaltung adressiert werden.</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 im Rahmen dieser Richtlinie die klimapolitischen Ziele der Hessischen Landesregierung 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 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, erweitert. Der Fördersatz für Kommunen beträgt 70 Prozent, Mitgliedskommunen des Bündnisses „Hessen aktiv: Die Klima-Kommunen“ erhalten einen erhöhten Fördersatz von 90 Prozent. https://umwelt.hessen.de/klimaschutz/klimarichtlinie</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
14	Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025	<p>Am 13. März 2017 hat das Kabinett den Integrierten Klimaschutzplan Hessen 2025 beschlossen. Die Maßnahmen decken dabei alle relevanten Handlungsfelder ab: von der Landwirtschaft über die Wirtschaft, den Energiesektor zum Verkehr bis hin zum Gebäudesektor und der Gesundheit. Maßnahmen für Klimaschutz und für die Anpassung an den Klimawandel wurden gleichzeitig erarbeitet.</p> <p>Der integrierte Klimaschutzplan Hessen 2025 unterlegt seine Ziele mit 140 konkreten Maßnahmen für Klimaschutz und Klimawandelanpassung. Von den 140 Maßnahmen sind bereits 113 Maßnahmen in fortlaufender Umsetzung oder abgeschlossen. So wurden Förderprogramme aufgebaut und erweitert sowie Institutionen gegründet wie die LandesEnergieAgentur. Für Kommunen, Privatpersonen und Unternehmen wurden Beratungsangebote entwickelt und Projekte der Klimabildung ausgebaut.</p> <p>Der Klimaplan Hessen wurde im März 2023 als Weiterentwicklung des IKSP 2025 bis 2030 vorgestellt und ersetzt diesen. In der Zwischenzeit gab es ein Mehr-Klimaschutz-Programm mit 18 Maßnahmen, die zusätzlich starke Impulse für Klimaschutz und -anpassung setzen. Das Programm wurde Anfang 2021 der Öffentlichkeit vorgestellt.</p> <p>https://www.klimaplan-hessen.de/die-vorgaenger</p>
15	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 Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz wurde der IKSP 2025 weiterentwickelt zum Klimaplan Hessen, der bis 2030 ausgelegt ist. Der Prozess der Weiterentwicklung erstreckte sich über zwei Jahre und startete im Januar 2021 nach Erscheinen des Monitoringberichts 2020 des IKSP 2025. 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 Klimaneutralität erreichen.</p> <p>In der ersten Jahreshälfte 2021 wurden von den Ressorts neue Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsmaßnahmen erarbeitet und im Anschluss von einem unabhängigen, wissenschaftlichen Fachkonsortium hinsichtlich des notwendigen Ambitionsniveaus und des Ausschöpfens der hessischen Handlungsspielräume bewertet.</p> <p>Der Maßnahmenkatalog wurde im Jahr 2022 in eine Öffentlichkeitsbeteiligung eingespeist, bei der mehr als 220 Personen aus Verbänden, Interessensgruppen, Zivilgesellschaft, Klima-Kommunen und nachgeordneten Behörden sowie 50 Bürgerinnen und Bürger involviert waren.</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>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
		<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 Klimaschutzzielen gehandelt werden muss. Das von Zielabweichung betroffene Ministerium ist verpflichtet, dem Hessischen Umweltministerium Maßnahmenvorschläge zur Wiedererreichung des Zielpfades des Emissionssektors vorzulegen. Der neue wissenschaftliche Klimabeirat gibt zu den Maßnahmenvorschlägen Empfehlungen ab und das HMUKLV legt die vorgeschlagenen Maßnahmen mit einer Bewertung der Landesregierung zur Beschlussfassung vor. Das bedeutet, der Klimaplan Hessen kann bei einer (drohenden) Zielabweichung nachgeschärft werden.</p> <p>Interessante Maßnahmen des Klimaplans Hessen mit Bezug zur Energiewende sind u. a. auch:</p> <ul style="list-style-type: none"> - I-06: Dialogformate klimaneutrale Wirtschaft - K-02: Klimafreundliche Recyclingbaustoffe stärken - LN-01: Emissionseinsparungen in der Landwirtschaft <p>https://www.klimaplan-hessen.de/</p>
16	„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.</p> <p>Relaunch 2023: Das Klima ändert sich und die Kampagne auch. Aus dem IKSP 2025 wird der neue Klimaplan Hessen. Das neue Motto der Klimakampagne ist: „Wir zeigt Wirkung!“</p> <p>Als neue Kampagnen-Maßnahmen gibt es einen Erklärfilm zur Entwicklung des neuen Klimaplans Hessen und eine neue Webserie „Alisha hat Fragen. Die Klimareporterin unterwegs in Hessen“. Die Klimareporterin Alisha beleuchtet Fragen wie: „Wie steht es um den Klimaschutz und die Klimawandelanpassung in Hessen?“ oder beispielsweise „Wie macht sich die Klimakrise in Hessen bemerkbar?“</p> <p>Zudem werden via Social Media die zehn Handlungsfelder des Klimaplans Hessen vorgestellt und erklärt.</p> <p>https://umwelt.hessen.de/Klimaschutz https://www.klimaplan-hessen.de/der-klimaplan-hessen</p>
17	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.</p>
18	Wärmeeffizienzpaket	<p>Das Ziel, eine vollständige Versorgung Hessens durch Wärme aus erneuerbaren Energien zu erreichen, wurde bereits 2011 im Rahmen des Hessischen Energiegipfels entwickelt. Zentraler Baustein, um dieses Ziel zu erreichen, ist das hessische Wärmeeffizienzpaket, das die Landesregierung mit der LandesEnergieAgentur entwickelt und umsetzt. Die Angebote des Wärmeeffizienzpakets richten sich sowohl an die einzelne Bürgerin oder den einzelnen Bürger als auch gezielt an Kommunen und die Wirtschaft.</p> <p>https://wirtschaft.hessen.de/Energie/Waermeeffizienz</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
19	Zukunftsforum Energie & Klima	„Bring Deine Energie für den Wandel ein!“ Unter diesem Motto kommen Akteure aus Verwaltung, Kommunal- und Landespolitik sowie Vertreter aus Wirtschaft und Bürgerenergie in Kassel zusammen, um gemeinsam die dezentrale Energieversorgung und den globalen Klimaschutz weiter voranzutreiben. Das Zukunftsforum Energie & Klima ist die zentrale Plattform für Erfahrungsaustausch, Information sowie Vernetzung und knüpft mit über 500 Teilnehmerinnen und Teilnehmern an den Erfolg der bundesweiten Kongressreihe „100 % Erneuerbare-Energie-Regionen“ und „Zukunftsforum Energiewende“ an. https://www.zufo-energie-klima.de/
20	Bildungsinitiative Erneuerbare Energien	Die Bildungsinitiative Erneuerbare Energien ist eine Maßnahme des IKSP 2025. Die Initiative verfolgt das Ziel, durch Lernangebote in verschiedenen Zielgruppen und Altersstufen Wissen über Zusammenhänge der Energiewende zu initiieren und zu unterstützen. Im Rahmen der Bildungsinitiative Erneuerbare Energien wurde u. a. eine VHS-Bildungsreihe zum Thema Energie entwickelt. Die Bildungsinitiative wird von der LEA umgesetzt. https://www.lea-hessen.de/bildungsangebote/uebersicht/
21	Digitales Potenzialflächenkataster	Die Hessische Landesregierung unterstützt auf Basis des Koalitionsvertrags für die 20. Legislaturperiode die Städte und Gemeinden beim Flächensparen durch den Aufbau einer Datenbank zur Ermittlung innerörtlicher Flächenreserven, das sogenannte Digitale Potenzialflächenkataster. 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 seit Anfang April 2023 allen hessischen Städten und Gemeinden zur Verfügung. Es haben sich bereits über 60 Kommunen zur Nutzung angemeldet. Das Digitale Potenzialflächenkataster ist ein wichtiges Steuerungsinstrument, um trotz des großen Siedlungsdrucks vor allem im Ballungsraum FrankfurtRheinMain den Flächenverbrauch landesweit auf 2,5 Hektar pro Tag zu begrenzen und gleichzeitig den Kommunen die nötigen Entwicklungsmöglichkeiten zu bieten, um dringend benötigten Wohnraum zu schaffen. Mit dem Digitalen Potenzialflächenkataster können vor allem ungenutzte Innenreserven mobilisiert werden, Flächen im Außenbereich können geschont werden und die Bodenversiegelung wird gebremst.
22	Innovations- und Strukturentwicklungsbudget – Schwerpunkt Nachhaltigkeit	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 CO ₂ -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. Für den Schwerpunkt Nachhaltigkeit stellt die Landesregierung den hessischen Hochschulen im Rahmen des Hessischen Hochschulpakts 2021 bis 2025 jährlich 5 Mio. Euro zur Verfügung.

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
23	Gesetz zur Änderung der Hessischen Bauordnung vom 22. November 2022	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.
Energieeffizienz (Gebäude)		
24	Energieeffizienz im Mietwohnungsbau	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 CO ₂ -Emissionen nach dem KfW-Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG-WG, Programm-Nr. 261)“. Die aktuellen Förderkonditionen finden Sie hier: https://www.wibank.de/wibank/hessisches-programm-zur-energieeffizienz-im-mietwohnungsbau/mietwohnungen-hessisches-programm-energieeffizienz-306944
25	Förderung der Modernisierung von Gebäuden zum Passivhaus im Bestand	Gefördert werden Modernisierungsmaßnahmen in Gebäuden, durch die der jährliche Heizwärmebedarf des Gebäudes auf maximal 25 kWh pro Quadratmeter reduziert wird. Bei der energetischen Modernisierung sollen passivhaustaugliche Komponenten, Bautechniken und Verfahren zur Anwendung kommen. Die Mehrausgaben gegenüber einer Modernisierung gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) werden mit bis zu 50 Prozent bezuschusst.
26	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)	In der Kommunalrichtlinie (Energie) werden die Förderangebote für investive Kommunalmaßnahmen im Energiebereich zusammengefasst. Im Einzelnen werden gefördert: - 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.

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
		<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>
27	Energiesparkampagne „Hessen spart Energie“	<p>Das Thema „Energiesparen“ wird u. a. mit der Energiesparkampagne „Hessen spart Energie“ adressiert. Mit der Kampagne sollen drei Ziele erreicht werden:</p> <ol style="list-style-type: none"> Verhaltensänderung beim Energieverbrauch, kurzfristige investive Maßnahmen zur Reduktion des Energiebedarfs, mittel- bis langfristige investive Maßnahmen zur Reduktion des Energiebedarfs und darauf aufbauend Einsatz von erneuerbaren Energien. <p>Informationen zu allen drei Bereichen finden sich hier: https://www.lea-hessen.de/buergerinnen-und-buerger/hessen-spart-energie/</p>
28	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>Informationen hierzu finden Sie hier: https://www.lea-hessen.de/buergerinnen-und-buerger/hessen-spart-energie/einsparpaket/</p>
29	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 Klimaplanes 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>
30	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>
31	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 17,8 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 7,3 MWp PV-Leistung erschlossen werden. Damit können jährlich rund 6,7 GWh an regenerativ erzeugtem Strom produziert werden.</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
32	COME-Mobilität Ausbau der Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge und Fahrradabstellanlagen an Landesdienststellen	Seit 2021 baut das Land die Errichtung der Ladeinfrastruktur deutlich aus. Bis 2030 werden alle Dienststellen des Landes im Rahmen der CO ₂ -neutralen Landesverwaltung bedarfsgerecht mit Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge ausgestattet. Bis 2025 werden zunächst bis zu 150 Ladepunkte für E-Fahrzeuge jährlich an den Dienststellen des Landes installiert, so dass bis 2030 der komplette Fuhrpark der Landesverwaltung auf klima- und umweltfreundliche Fahrzeuge umgestellt werden kann. Bis 2023 sollen 1.000 zusätzliche Fahrradabstellanlagen an Landesdienststellen geschaffen werden. Für das Programm sind 3,7 Mio. Euro jährlich bis 2025 vorgesehen.
33	Informationsveranstaltungen Energieeinsparung Nutzerverhalten	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.
34	Ermittlung der energetischen Sanierungsrate im hessischen Gebäudebestand	Das Institut Wohnen und Umwelt hat ein Forschungsvorhaben zu den energetischen Merkmalen im hessischen Wohngebäudebestand durchgeführt. Die Ergebnisse wurden 2018 veröffentlicht. Für die Bewertung des Erfolgs und die Weiterentwicklung der Klimaschutzstrategie im Wohngebäudebereich sollen zukünftig weitere empirische Erhebungen zur Sanierungsrate durchgeführt werden.
35	Verbesserung des klimafreundlichen sommerlichen Wärmeschutzes bei gewerblichen Bauten	Die Maßnahme wird seit 2020 unter der Federführung des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen durch die LEA durchgeführt und bietet Webinare sowie einen Leitfaden zur Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes. Sie zielt auf die Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes bei gewerblichen Bauten und in Kommunen und adressiert dabei die Aspekte Klimawandelanpassung, Klimaschutz und Efficiency First mit dem Ziel der Vermeidung zusätzlicher Energie- und Ressourcenverbräuche zur Gebäudekühlung.
36	Nachhaltiges Bauen mit Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen	Es werden Informationsveranstaltungen und Fortbildungen für Handwerkerinnen und Handwerker sowie Verbraucherinnen und Verbraucher angeboten. https://llh.hessen.de/umwelt/biorohstoffnutzung/bauen-und-sanieren/
Energieeffizienz (Strom und sektorübergreifend)		
37	Förderung von Energieeffizienznetzwerken	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. https://www.lea-hessen.de/unternehmen/energieeffizienz-und-klimaschutz-netzwerke-kennenlernen/
38	LED-Straßenbeleuchtung	Die Modernisierung der Straßenbeleuchtung auf LED-Technik kann 70-80 Prozent des Energieverbrauchs der Straßenbeleuchtung einsparen. Das Land Hessen fördert Modernisierungsmaßnahmen, die diese Einsparung erreichen zusätzlich zur bestehenden Förderung des Bundes. https://www.lea-hessen.de/kommunen/led-strassenbeleuchtung-installieren/foerdermoeglichkeiten/

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
39	Förderung von Einrichtungen und Maßnahmen zur Energieberatung	Die Förderung erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 9. Oktober 2019, geändert am 17. August 2021. 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.
40	Förderung von Maßnahmen zur Qualifikations- und Informationsvermittlung von Technologien auf dem Gebiet der Energieeffizienz und erneuerbarer Energien	Die Förderung erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 9. Oktober 2019, geändert am 17. August 2021. Über diesen Förderatbestand können auch Weiterbildungsangebote der Architekten- und Handwerkskammern und Qualifikationsangebote von Hochschulen gefördert werden.
41	Aufsuchende Energieberatung	Die Kampagne „Aufsuchende Energieberatung“ bietet Bürgerinnen und Bürgern in Zusammenarbeit mit den Kommunen einen einfachen Zugang zum Thema energetische Gebäudemodernisierung. Im Rahmen dieser Erstberatungskampagne zur energetischen Gebäudemodernisierung auf Quartiersebene kommen die Energieberaterinnen und Energieberater direkt ins Haus der Bürgerinnen und Bürger und zeigen auf, wie ein Gebäude zukunftssicher an die Herausforderungen des Klimaschutzes angepasst werden kann. Interessierte Kommunen können sich weiterhin bei der LEA für die Teilnahme an der Kampagne anmelden: https://www.lea-hessen.de/kommunen/kampagne-aufsuchende-energieberatung/
42	Hessische Initiative für Energieberatung im Mittelstand (HIEM)	Die Hessische Initiative für Energieberatung im Mittelstand bietet kostenlose niederschwellige Impulsberatungen für kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU) zu Energieeffizienzmaßnahmen an: https://www.energieeffizienz-hessen.de/
43	PIUS-Beratung – Programm zur Steigerung des produktionsintegrierten Umweltschutzes und der Ressourceneffizienz	Die geförderte PIUS-Beratung unterstützt Unternehmen dabei, durch Prozessoptimierung der Stoff- und Energiekreisläufe ihren Ressourcenverbrauch und ihre Emissionen zu senken und so ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken: https://www.technologieland-hessen.de/Pius-Foerderung
44	PIUS-Invest – Investitionsförderprogramm zur Steigerung der Ressourceneffizienz	Das Programm PIUS-Invest bezuschusst Investitionsprojekte, die die Ressourceneffizienz (Energie- und Materialeffizienz) verbessern und CO ₂ -Emissionen einsparen, mit bis zu 500.000 Euro. Förderfähig sind Vorhaben von KMU in Hessen, die durch Prozess- oder Organisationsinnovationen zu einer wesentlichen Verbesserung der CO ₂ -Bilanz beitragen. www.pius-invest.de
45	Modellprojekt „Interkommunales Sanierungsmanagement für sechs Quartiere im ländlichen Raum (Werra-Meißner-Kreis)“	Das Modellprojekt „Interkommunales Sanierungsmanagement für sechs Quartiere im ländlichen Raum (Werra-Meißner-Kreis)“ ist ein Folgeprojekt zur Umsetzung des 2017 erfolgreich abgeschlossenen Modellprojekts „Integrierte energetische Quartierssanierung im ländlich geprägten Raum (Werra-Meißner-Kreis)“ für sechs kommunale Quartiere. Die gemeinsame Unterstützung durch die KfW und das Land ermöglicht den Kommunen und dem Kreis den Aufbau eines effizienten Sanierungsmanagements zur Umsetzung der in den Quartierskonzepten entwickelten Projektansätze und Handlungsstrategien in den ausgewählten Quartieren in Eschwege, Großalmerode, Herleshausen, Meißner-Germerode, Ringgau-Netra und Witzenhausen.

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
46	Förderprogramm zur Unterstützung des KfW-Programms 432 (energetische Stadt-sanierung)	Die Ergänzungsförderung für energetische Quartierskonzepte und Sanierungsmanagement erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 9. Oktober 2019, geändert am 17. August 2021. https://www.lea-hessen.de/kommunen/wohnquartier-energetisch-sanieren/
Erneuerbare Energien		
47	Bürgerforum Energiewende Hessen	Das Landesprogramm Bürgerforum Energiewende Hessen unterstützt die Energiewende in Hessen durch zielgerichtete Informations- und Dialogangebote für die Bürgerinnen und Bürger in den besonders betroffenen Kommunen. Das Programm wird durch die LandesEnergie-Agentur durchgeführt.
48	Expertenworkshops Windenergie	Im Rahmen der Expertenworkshops werden thematische Aspekte des Windenergieausbaus aufgegriffen, die sich aus den Entwicklungen auf Bundesebene (z. B. EEG-Ausschreibungsmodell, LAI-Schallimmissionsprognose) ergeben oder von besonderer Relevanz für Hessen sind (Milan-Dichtezentrum, Flugsicherheit, Bürgerbeteiligung etc.).
49	Hessische Verwaltungsvorschrift zur Berücksichtigung der Naturschutzbelange bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (WEA) in Hessen	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.
50	Gemeinsamer Erlass Neuregelungen zur Beschleunigung des Windenergieausbaus (u. a. Oster- und Sommerpaket, EU-Notfall-Verordnung)	Der Erlass vom 4. 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 % 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. 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.

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
51	Gemeinsamer Leitfaden zum Ausbau der Freiflächen-Photovoltaik (FF-PV) in Hessen	Der gemeinsam vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen 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 sein können. Der möglichst bis zum Ende des Jahres im Entwurf vorliegende 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.
52	Wissensaufbau auf dem Gebiet der naturverträglichen Energiewende	Für eine naturverträgliche Umsetzung des Windenergieausbaus in Hessen auf der Grundlage naturraumspezifischer Erkenntnisse trägt das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen in Zusammenarbeit mit dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz durch Forschungsprojekte zum Wissensaufbau zur Verbesserung der Datengrundlage bei windenergiesensiblen Vogelarten, wie beispielsweise dem Rotmilan, bei.
53	Förderung von innovativen Energietechnologien	Die Förderung erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 9. Oktober 2019. Beispiele: Eisspeicher im Quartier, Smarthome-Technologieprojekt im Wohngebiet, innovatives Erdkabeltestprojekt, innovative Einbindung von Mikrogasturbinen in Produktionsprozesse, geothermisch gestützte Anlagen zum Heizen und Kühlen von Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden, Abwärmenutzung zur Gebäude- und Quartiersbeheizung.
54	Förderung von kommunalen Energie- und Quartierskonzepten	Die Förderung von kommunalen Energie- und Quartierskonzepten erfolgt gemäß der Richtlinie des Landes Hessen zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes vom 9. Oktober 2019. Energiekonzepte bilden die Entscheidungsgrundlagen für innovative Quartierslösungen mit einem hohen Grad an Eigenversorgung z. B. durch Blockheizkraftwerke (BHKW) und erneuerbare Energien. Weitere Themen sind Nahwärmelösungen auf der Basis von Biomasse oder auch interkommunale Projekte wie z. B. zur Nutzung der Windenergie.
55	Hessische Mieterstromkampagne	Die hessische Mieterstromkampagne schließt an das Pilot-Förderprogramm „Mieterstrommodelle“ an. Ziel der Kampagne ist es, die Verbreitung von Mieterstrommodellen in Hessen zu erhöhen und ihre Umsetzung zu erleichtern. Hierfür wurden seit Beginn der Kampagne im November 2018 Geschäftsmodelle und Erfahrungen mit Mieterstromprojekten im Rahmen von Workshops, Pressemitteilungen und Veranstaltungen kommuniziert. Ein weiterer Fokus der Kampagne liegt auf einer Vernetzung der Akteure. Die hessische Mieterstromkampagne wird von der LEA im Auftrag des HMWEVW durchgeführt.

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
56	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 z. B. unter Berücksichtigung von Batteriespeichern die Wirtschaftlichkeit für unterschiedlichste Verbrauchsprofile. Zwischen 2018 und 2019 fanden weitere Optimierungen in Bezug auf die Bedienerfreundlichkeit statt. Bis Ende 2020 haben über 310.000 Berechnungen über das Solar-Kataster stattgefunden. www.solarkataster.hessen.de</p>
57	Solarpaket	<p>Das Solarpaket wird als Maßnahmenbündel zur solaren Energienutzung verstanden, da die solare Wärmenutzung im Zusammenhang mit den Wärmewendeaktivitäten neben der Stromerzeugung ebenfalls von erheblicher Bedeutung ist. Das Paket ist ein Bündel aus Einzelmaßnahmen, die vor allem das Ziel haben, entsprechende Lösungen sichtbar zu machen und die Prozesse insgesamt zu unterstützen.</p> <p>Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Freiflächensolaranlagenverordnung (FSV): Mit Veröffentlichung der FSV im November 2018 ist es auch in Hessen möglich, Freiflächensolaranlagen in den benachteiligten Gebieten außerhalb der Natura2000-Gebiete zu entwickeln und für diese im Rahmen der Ausschreibungen nach dem EEG einen Vergütungsanspruch zu erlangen. 2020 wurden mit unterschiedlichen Beteiligten zwei Workshops durchgeführt. - Kommunales Infopaket: Kommunen können Informationsmaterialien für eine eigene Solarkampagne erhalten (Fertigstellung erfolgte im vierten Quartal 2020). - Förderangebote für innovative Solarenergiesysteme
58	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://umwelt.hessen.de/landwirtschaft/foerderungen/biomassenutzung</p>
59	Anwendungsmöglichkeiten der Wasserstofftechnologie	<ul style="list-style-type: none"> - Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative Hessen e. V. (H2BZ-Initiative Hessen e. V.) - Förderung von Einzelprojekten, z. B. Fahrzeugflottenprojekt - Förderprojekte in den Bereichen ÖPNV und stationäre Systeme
60	Nutzung der Erdwärme in Neubaugebieten und im Bestand	<p>Wärmepotenziale aus Geothermie werden in hessischen Siedlungen durch Erkundungsbohrungen ermittelt und eine praktisch verwertbare Information in Form von Geothermie-Steckbriefen zur Verfügung gestellt. Es wurde 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. Auf dem Rebstock-Gelände wurde eine Forschungsbohrung auf 1060 m abgeteuft und wissenschaftlich die These einer geothermischen Anomalie im Raum Frankfurt überprüft sowie viele Fragen zur Nutzbarkeit der Erdwärme beantwortet. In Auftrag gegeben sind eine (Meta-)Studie Geothermie in Hessen und eine Studie zur Durchführung einer geothermischen Potenzialanalyse an vier hessischen Standorten.</p>

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
61	Kompetenznetzwerk Geothermie	Seit dem Jahr 2017 widmet sich das ehemalige Kompetenznetzwerk Tiefengeothermie, jetzt Kompetenznetzwerk Geothermie, besetzt mit Vertretern aus Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft, der Aufgabe, die Nutzung der Erdwärme in Hessen voranzubringen. Dabei stehen Informationsveranstaltungen (z. B. das jährliche Geothermie-Forum, das nun in jedem zweiten Jahr im Rahmen des Zukunftsforums Energie & Klima stattfindet, sowie Informationsveranstaltungen für Vereine und Verbände), Wissenstransfer, Vernetzung und der Abbau von Hemmnissen im Fokus.
Netzinfrastuktur		
62	Intelligente Energienetze im Quartier	Entwicklung und Förderung von Pilotprojekten zur Optimierung der erneuerbaren Energien im Stromnetz (u. a. Förderprojekt „Smart-Grid Lab“).
63	Speichertechnologien – Studie und Unterstützung P & D	Pilot- und Demonstrationsvorhaben sind wichtige Schritte bei der Technologieentwicklung. Daher sollen auch die für eine sichere zukünftige Energieversorgung wichtigen Speichertechnologien (z. B. Batteriespeicher, Wärmespeicher) in Hessen gefördert werden.
Verkehr		
64	Schienengüterverkehr: Gleisanschlussförderung	Am 18. Juni 2018 ist die neue Richtlinie zur Förderung für den Schienengüterverkehr des Landes Hessen (Rili SGV) in Kraft getreten. Die Richtlinie zur Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schienen ergänzt die Förderung des Bundes (Gleisanschlussförderrichtlinie). Gefördert werden Investitionen in Maßnahmen zur Neuerrichtung oder zum Erhalt von Schienengüterverkehr (Neuanlagen, Reaktivierung und Sanierung) sowie Untersuchungsgutachten. Seit Veröffentlichung dieser Richtlinie wurden vier Projekte gefördert und befinden sich derzeit in der Zweckbindungsphase (Dieburg, Limburg, Bibbesheim am Rhein, Hanau-Hafen).
65	Elektromobilität: Projektförderung	Seit 2015 fördert das HMWEVW F&E-Projekte sowie Pilotanwendungen im Bereich der Elektromobilität. Dafür standen in den Haushaltsjahren 2021 und 2022 jeweils rund 5 Mio. Euro zur Verfügung.
66	Elektromobilität: E-Bus-Förderung	Seit Ende 2016 können sich die Verkehrsbetriebe in Hessen die Anschaffung von elektrisch angetriebenen Bussen und die dazugehörige Ladeinfrastruktur fördern lassen. Dafür stehen jährlich 5 Mio. Euro zur Verfügung.
67	Elektromobilität: Ladesäulenförderung	Das Land Hessen förderte den Aufbau von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im öffentlichen Raum und beim Arbeitgeber. Dafür standen in den Jahren 2018 und 2020 über 4 Mio. Euro zur Verfügung. Im Jahr 2021 wurden Zuschüsse für die Aufstellung von 1.405 Normal- und 125 Schellladesäulen im öffentlichen Raum und auf Firmenparkplätzen bewilligt. Die Mittel summierten sich auf 4,8 Mio. Euro und stammten aus dem Neuen Hessenplan, der für die Jahre 2022 und 2023 insgesamt 6,2 Mio. Euro für den Ausbau der Ladeinfrastruktur vorsah. Der Zuschuss betrug bis zu 40 Prozent. Gefördert wurden neu anzuschaffende Schnell- und Normalladesäulen sowie Wallboxen aller Leistungsklassen auf Betriebsgeländen, Kundenparkplätzen und öffentlichen Parkflächen.
68	Elektromobilität: EFRE-Förderung	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.

Nr.	Maßnahme	Umsetzung
69	Fachzentrum Nachhaltige Mobilitätsplanung Hessen – für Kreis und Kommune	<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 Umsetzung einer nachhaltigen und integrierten Mobilitätsplanung entsprechend des SUMP-Ansatzes (Sustainable Urban Mobility Plan) mit Vernetzungsangeboten, beratend sowie mit anderen Unterstützungsleistungen, zum Beispiel einer umfassenden Fördermittelberatung zur Umsetzung der Verkehrswende.</p>
70	Kompetenzzentrum für Klima- und Lärmschutz im Luftverkehr (CENA Hessen)	<p>Um den Luftverkehr unter Nachhaltigkeitsaspekten weiterzuentwickeln, wurde Anfang 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. Kernaufgabe des Kompetenzzentrums ist es, in Zusammenarbeit mit Industriepartnern und Forschungseinrichtungen das Ziel einer Pilotanlage zur Herstellung von nachhaltig hergestellten synthetischen Flugkraftstoffen im Power-to-Liquid-Verfahren (PtL) in Hessen umzusetzen.</p> <p>Die Inbetriebnahme der ersten PtL-Anlage in Hessen, zur Herstellung von bis zu jährlich 2.500 Tonnen nachhaltigen E-Fuels der Ineratec GmbH im Industriepark Höchst, wird für Anfang 2024 erwartet.</p> <p>Für F&E-Zwecke wird das Kompetenzzentrum ein Modul der Ineratec-Anlage nutzen, um zu untersuchen, wie Schwankungen bei der Stromversorgung aus erneuerbaren Energien bei der Produktion von synthetischen Kraftstoffen abgepuffert werden können. Das Land unterstützt das Projekt mit bis zu 1,25 Mio. Euro als Kofinanzierung zur Bundesförderung.</p> <p>Darüber hinaus widmet sich das Kompetenzzentrum, kofinanziert aus Landesmitteln sowie beim Bund eingeworbener Fördermittel, weiteren Projektarbeiten zur Unterstützung der Kraftstoff- und Antriebswende im Luftverkehr (u. a. Cluster zu „InnoFuels“). Für die Unterstützung des Markthochlaufes alternativer Kraftstoffe im Luftverkehr sowie zur Vermeidung bodenseitiger Verbrennungsprozesse am Verkehrsflughafen Frankfurt Main stehen Klimaschutzmittel (VM-05: Klimaschutz im hessischen Luftverkehr), verortet im Förderprodukt 77 „Maßnahmen zur nachhaltigeren und effizienteren Gestaltung des Luftverkehrs“, im Landeshaushalt zur Verfügung.</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.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz 2023 ist am 1. Januar 2023 in Kraft getreten und ersetzt das EEG 2021. 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. Dafür schafft das EEG 2023 die erforderlichen Rahmenbedingungen. So bedeutet das neue Ausbauziel für 2030 fast eine Verdoppelung des Anteils innerhalb von weniger als einem Jahrzehnt. In absoluten Zahlen ist die Aufgabe noch größer, denn gleichzeitig wird der Stromverbrauch ansteigen, u. a. durch die zunehmende Elektrifizierung von Industrieprozessen, im Wärmebereich sowie im Verkehrssektor. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden die Ausbaupfade und Ausschreibungsmengen bis 2028/29 deutlich angehoben. Zur Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien in allen Rechtsbereichen wird im EEG 2023 der Grundsatz verankert, dass die Nutzung erneuerbarer Energien im überragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient.

Im EEG 2023 wurden die Rahmenbedingungen für den Ausbau der Solarenergie durch ein großes Bündel an Einzelmaßnahmen für die verschiedenen Anlagentypen verbessert, der Ausbaupfad, die PV-Ausbauziele und Ausschreibungsvolumina angepasst und hälftig auf Dach- und Freiflächenanlagen verteilt. So wurde die Festvergütung für Dachanlagen deutlich angehoben und die Flächenkulisse für Freiflächenanlagen erweitert – neben Konversionsflächen und verbreiterten Seitenrandstreifen sind die neuen Kategorien Agri-PV, Floating-PV und

Moor-PV hinzugekommen. Bis 2030 sollen 215 GW an PV-Anlagen in Deutschland installiert sein, wofür der jährliche Zubau von 7,5 GW im Jahr 2022 auf 22 GW im Jahr 2026 verdreifacht werden soll. Um diese ehrgeizigen Ausbauziele zu erreichen, hat das Bundeskabinett Mitte August 2023 ein Solarpaket beschlossen. Die Vorschriften zur Installation von Balkonsolaranlagen wurden z. B. vereinfacht, so dass hier in den kommenden Monaten mit einer deutlichen Zunahme zu rechnen sein dürfte.

Zur Beschleunigung des Ausbaus der Windenergie an Land wird die Degression des Höchstwerts für die Förderung von Wind an Land für zwei Jahre ausgesetzt. Das sogenannte Referenzertragsmodell, ein standortbezogenes Berechnungsmodell für die EEG-Vergütung, wird für windschwache Standorte verbessert und eine neue Kategorie spezifisch für windschwache Standorte in den südlichen Bundesländern geschaffen. Im Gegenzug wird die bisher vorgesehene sogenannte Südquote für Wind an Land aufgehoben. Diese konnte bisher aufgrund der fehlenden beihilferechtlichen Genehmigung durch die EU-Kommission nicht angewendet werden. Zudem wird die Größenbegrenzung für Pilotwindenergieanlagen aufgehoben.

Zur Steigerung der Akzeptanz vor Ort und des Bürokratieabbaus müssen Wind- und Solarprojekte von Bürgerenergiegesellschaften nicht mehr an Ausschreibungen teilnehmen. Bürgerenergieprojekte erhalten auch ohne Ausschreibung eine Vergütung. Die Vorgaben der Europäischen Kommission begrenzen allerdings die Größe solcher Projekte für Wind auf bis zu 18 Megawatt und für Solar auf bis zu 6 Megawatt.

Die Förderung der Biomasse wird mit Fokussierung der Biomassennutzung auf hochflexible Spitzenlastkraftwerke angepasst. Die Bioenergie kann dadurch ihre Stärke als speicherbarer Energieträger ausspielen und dadurch einen größeren Beitrag zu einer sicheren Stromversorgung leisten. Biomasse soll künftig verstärkt in schwer zu dekarbonisierenden Bereichen wie Verkehr und Industrie eingesetzt werden. Alle neuen Biomethan- und KWK-Anlagen sollen zudem für den Hochlauf einer grünen Wasserstoffwirtschaft („H₂-ready“) vorbereitet werden.

In der Fortschreibung der nationalen Wasserstoffstrategie soll der Einsatz von Wasserstoff insbesondere für Anwendungen in der Industrie, bei schweren Nutzfahrzeugen sowie zunehmend im Luft- und Schiffsverkehr erfolgen, wohingegen im Wärmebereich zumindest bis 2030 keine breite Anwendung gesehen wird. Geplant sind Ausschreibungsprogramme für H₂-Kraftwerke im Stromsektor im Erneuerbare-Energien-Gesetz und eine Inbetriebnahme der Kraftwerke bis Ende dieser Dekade.

Neu zu bauende Gaskraftwerke sollen „H₂-ready“, d. h. auf Wasserstoff oder seine Derivate umrüstbar konzipiert werden.

Um den Aufbau der notwendigen Terminal-, Netz-, Tank- und Speicherinfrastruktur für Wasserstoff zu gewährleisten, hat das Bundeskabinett im Mai 2023 eine Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) beschlossen. Damit wurde eine Rechtsgrundlage für ein sogenanntes „Wasserstoff-Kernnetz“ geschaffen, durch das bis 2032 deutschlandweit Wasserstoff-Standorte zur Ein- als auch Ausspeisung angebunden werden sollen, darunter voraussichtlich auch mehrere hessische Landkreise und kreisfreie Städte.

Für Hessen wurde mit der Novelle des Hessischen Energiegesetzes das Ziel der Deckung des Energieverbrauchs von Strom und Wärme möglichst zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energiequellen zur Erreichung der Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 festgeschrieben und muss daher fünf Jahre früher als bisher geplant erreicht werden (Hessischer Landtag 2022). Erstmals wurde darin ein Flächenziel für Photovoltaik in Höhe von 1 Prozent der Landesfläche formuliert. Für alle landeseigenen Gebäude und für neue Parkplätze mit mehr als 50 Stellplätzen sind nun Photovoltaikanlagen vorgeschrieben. Die Mindestabstände zu den Nachbardächern wurden für Photovoltaikanlagen deutlich reduziert. Neben der Pflicht zur kommunalen Wärmeplanung für Gemeinden ab 20.000 Einwohnern stellt das Gesetz auch klar, dass erneuerbare Energien im überragenden öffentlichen Interesse liegen und der öffentlichen Sicherheit dienen.

Der Länderarbeitskreis Energiebilanzen (LAK) dient der Erstellung qualitativ hochwertiger und methodisch einheitlicher Energie- und CO₂-Bilanzen der Bundesländer. Unter Berücksichtigung aktueller Entwicklungen wird zudem stets eine Vergleichbarkeit mit internationalen und bundesweiten Methoden angestrebt. Entsprechend wurden Berechnungen anhand des neuesten Nationalen Inventarreports überarbeitet, an möglichen Neuerungen des EnStatG gearbeitet sowie weitere methodische Anpassungen angestoßen.

Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

Abbildung	Seite
1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe 2003-2022 (in TWh).....	2
2 Indikatorensystem des hessischen Energiemonitorings.....	9
3 Basis und Datengrundlagen des hessischen Energiemonitorings.....	11
4 Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000-2022 (in PJ)	14
5 Indexentwicklung der Zusammensetzung des PEV nach Energieträgern 2000-2022 (Index 2000 = 100)	14
6 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern 2000-2022 (in PJ).....	15
7 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren 2000-2022 (in PJ)	16
8 Entwicklung des Endenergieverbrauchs in der Industrie nach Energieträgern 2000-2022 (in PJ).....	18
9 Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen nach Energieträgern 2000-2022 (in PJ).....	18
10 Entwicklung des Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte nach Energieträgern 2000-2022 (in PJ).....	19
11 Entwicklung von Bruttostromerzeugung, -verbrauch und Stromaustauschsaldo 2000-2022 (in TWh).....	20
12 Entwicklung von Brutto- und Nettostromverbrauch 2000-2022 (in TWh, Anteilswerte in %).....	21
13 Stromverbrauch der privaten Haushalte pro Kopf 2000-2022 (in kWh).....	21
14 Entwicklung der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern 2000 bis 1. Halbjahr 2023 (in TWh, Anteilswerte in %).....	22
15 Entwicklung von Bruttoinlandsprodukt sowie temperaturbereinigtem Primär- und Endenergieverbrauch (Tber) 2000-2022 (Index 2000 = 100)	24
16 Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen temperaturbereinigten Primär- und Endenergieproduktivität 2000-2022 (Index 2000 = 100).....	24
17 Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen temperaturbereinigten Stromproduktivität 2000-2022 (Index 2000 = 100).....	25
18 Energie- und Stromintensität des Verarbeitenden Gewerbes 2000-2022 (Index 2000 = 100)	25
19 Energie- und Stromintensität nach Industriebranchen in Hessen 2020 (in kWh je 1.000 Euro BWS).....	26
20 Hochlauf und Zusammensetzung der Wasserstoffbedarfsprognose bis 2045 – Potenzialanalyse im Szenario „Hessen“ (Angaben in TWh)	30
21 Anteile erneuerbarer Energieträger am Primärenergieverbrauch 2003-2022 (in %).....	31
22 Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Strom, Wärme und Kraftstoffe 2003-2022 (in TWh).....	32
23 Entwicklung des EEV von Strom, Wärme und Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien 2003-2022 (Index 2003 = 100).....	33
24 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2000 bis 1. Halbjahr 2023 (in TWh, Anteilswerte in %).....	34
25 Anteilsentwicklung hessischer erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch 2000-2022 (in %).....	35
26 Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern 2003-2022 (in TWh, Anteilswerte in %)	36
27 Kraftstoffverbrauch aus erneuerbaren Energien 2000-2022 (in TWh).....	37

28	Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme 2000-2022 (in PJ)	39
29	Entwicklung des gebäuderelevanten und des gesamten Endenergieverbrauchs in Hessen 2000-2022 (in PJ, Anteilswerte in %)	42
30	Temperaturbereinigter EEV privater Haushalte für Raumwärme und Warmwasser (Index 2000 = 100)	42
31	Entwicklung fertiggestellter Wohnungen nach zur Heizung verwendeten primären Energiequellen in den Jahren 2011, 2016, 2021 und 2022	45
32	Zubau von Erdwärmesonden-Anlagen in Hessen 2000-2022 (jährlich und kumuliert).....	46
33	Brennholzverbrauch der privaten Haushalte 2000-2022 (in PJ)	47
34	Entwicklung des Fördervolumens der KfW für Neubau und Gebäudesanierung, Hessen und Deutschland 2008-2022 (Index 2008 = 100)	47
35	KfW-Förderung zur Steigerung der Energieeffizienz in Hessen 2008-2022 (in Mio. Euro)	48
36	Im Rahmen des MAP und der BEG durch das BAFA im Jahr 2022 geförderte Anlagen zur Wärmeerzeugung in Hessen.....	49
37	Windvorranggebiete in Hessen	60
38	Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2022 in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach Energieträgern (in MW).....	63
39	Installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten am 31.12.2022 nach erneuerbaren Energieträgern (in MW).....	64
40	Erzeugte und eingespeiste Strommenge von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten nach Energieträgern 2022 (in GWh)	65
41	Erzeugte und eingespeiste Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen in den hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten im Jahr 2022 nach erneuerbaren Energieträgern (in GWh).....	66
42	Entwicklung der Nettostrom- und Nettowärmeerzeugung durch KWK-Anlagen 2003-2022 (in GWh).....	69
43	In KWK-Anlagen installierte elektrische Leistung zur Stromerzeugung je 1.000 Einwohner zum 31.12.2022 nach hessischen Landkreisen und kreisfreien Städten (in kW).....	71
44	SAIDI-Werte in den Bundesländern 2022 (in min/Jahr)	76
45	Entwicklung des SAIDI-Wertes für die deutschen Gasnetze 2006-2022 (in min/Jahr).....	76
46	Versorgungsunterbrechungen (SAIDI) Strom nach Bundesländern 2021 (in min/Jahr).....	77
47	Dauer der Überlastung auf den am stärksten betroffenen Netzelementen in Deutschland 2022	79
48	Stand der Vorhaben aus dem BBPIG und EnLAG zum 31.03.2023	82
49	Hochspannungsleitungen und Engpassregionen in Deutschland 2022	86
50	Investitionen in die Stromnetze in Deutschland 2010-2022 (in Mrd. Euro)	88
51	Wärmenetzlänge in den Bundesländern im Jahr 2020	89
52	Mittlere Wärmelinienichte in den Bundesländern im Jahr 2020.....	89
53	Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Verkehrsträgern 2000-2022 (in PJ, Anteilswerte in %)	92
54	Stromverbrauch für Mobilität 2015-2022 (Angaben in Terajoule).....	92
55	Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Energieträgern 2000-2022 (in PJ).....	93
56	Spezifischer Endenergieverbrauch im Verkehrssektor 2000-2022, Anzahl der Kraftfahrzeuge und der Einwohner (Index 2000 = 100)	93

57	Entwicklung der Anzahl von Personenkraftwagen mit Elektroantrieb und der Ladepunkte in Hessen 2010-2023	99
58	Entwicklung der Treibhausgasemissionen 1990-2020 (in Mio. t CO ₂ -Äquivalente, Zusammensetzung nach Gasen in %)	103
59	Entwicklung der Treibhausgasemissionen (ohne Fluor-Gase) nach Quellgruppen 1990-2020 (in Mio. t CO ₂ -Äquivalente).....	104
60	Entwicklung der Treibhausgas- emissionen (einschließl. Fluor-Gase) pro Kopf und bzgl. BIP 2000-2020 (Index 2000 = 100).....	104
61	Entwicklung der Treibhausgasemissionen (einschließl. Fluor-Gase) pro Kopf 1990-2020 (in t CO ₂ -Äquivalente je Einwohner).....	105
62	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen nach Sektoren 2021 (Anteile in %).....	105
63	Entwicklung der energiebedingten CO ₂ -Emissionen nach Sektoren 1990-2021 (Index 1990 = 100).....	106
64	Durch den Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Treibhausgasemissionen 2005-2022 (in Mio. t CO ₂ -Äquivalente).....	107
65	Entwicklung der Lebenshaltungskosten insgesamt und der Preise für Energieträger für private Haushalte in Deutschland 2000-2022 (nominal, einschließlich MwSt.; Index 2000 = 100).....	111
66	Entwicklung des Strompreises in Deutschland für Haushalte nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010, 2015 und 2020-2023 (in Cent je kWh).....	112
67	Preisentwicklung des Bruttoinlandsprodukts sowie der Ausgaben für Energie von Industrieunternehmen in Deutschland 2000-2022 (nominal, ohne MwSt.; Index 2000 = 100).....	113
68	Entwicklung des Strompreises bei Neuabschluss für Industrieunternehmen mit einem Jahresverbrauch von bis zu 20 GWh in Deutschland nach einzelnen Bestandteilen 2000, 2010, 2015 und 2020-2023 (in Cent je kWh).....	114
69	Verteilung der von der EEG-Umlage befreiten Abnahmestellen in Hessen nach Branchen 2022 (absolut und in %)	116
70	KWK-Index zur Preisentwicklung des an der EEX für Deutschland gehandelten Grundlaststroms 2000-2022 (in Euro/MWh).....	116
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 2022 nach EU ETS (in Euro je t CO ₂)	118
73	Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen nach Anlagearten in Hessen 2011-2022 (nominal, in Mio. Euro).....	119
74	Entwicklung der spezifischen Investitionskosten für Photovoltaik- und Windenergieanlagen in Hessen und im Bundesdurchschnitt 2011-2022 (in Euro je kW installierter Leistung).....	120
75	Investitionen hessischer Betriebe des Produzierenden Gewerbes zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien 2006-2020 (nominal, in Mio. Euro)	121
76	Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland 2016-2021	121
77	Beschäftigungsentwicklung in Energieversorgungsunternehmen in Hessen 2000-2022	122
78	Förderung der Energieforschung des Landes Hessen 2008-2021 (nominal, in Mio. Euro)	123

Tabelle	Seite
1 Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch in Hessen 2022 (in PJ, Anteilswerte in %).....	41
2 Nach Alter differenzierte Öl- und Gasfeuerungsanlagen 2015, 2020, 2021 und 2022	43
3 Im Jahr 2022 fertiggestellte Wohngebäude und Wohnungen nach zur Heizung verwendeten primären und sekundären Energiequellen (Neubau, ohne Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden, Anzahl, Anteilswerte in %)	44
4 Bau- und Sanierungsförderung der KfW in Hessen 2022.....	48
5 Anzahl und installierte elektrische Leistung von erneuerbaren Energieanlagen am 31.12.2022 in Hessen nach Energieträgern	52
6 Neu in Betrieb genommene und stillgelegte erneuerbare Energieanlagen in Hessen sowie Netto-Zubau 2018 bis 1. Halbjahr 2023 (Anzahl).....	53
7 Neu in Betrieb genommene und stillgelegte Leistung sowie Leistungsänderung und Netto-Zubau von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen 2018 bis 1. Halbjahr 2023 (in MW).....	54
8 Gebote und Zuschläge von hessischen Photovoltaikanlagen im Rahmen von Ausschreibungen von Solaranlagen	56
9 Jährliche Genehmigungen von Windenergieanlagen in Hessen 2020 bis zum 1. Halbjahr 2023	57
10 Gebote und Zuschläge von hessischen Windenergieprojekten im Rahmen der Ausschreibungen von Windenergie an Land.....	58
11 Schätzung der eingespeisten Strommengen von erneuerbaren Energieanlagen in Hessen nach Energieträgern 2022 (in GWh).....	59
12 Die fünf Landkreise mit dem größten Ausbau elektrischer Leistung von erneuerbaren Energieanlagen 2022	67
13 Anzahl und installierte elektrische Leistung konventioneller Energieanlagen ≥ 10 MW in Hessen nach Energieträgern 2022.....	68
14 Anzahl sowie elektrische und thermische Leistung der KWK-Anlagen in Hessen zum 31.12.2022 nach Leistungskategorie und Energieträgern.....	70
15 Merkmale der durch Hessen verlaufenden Vorhaben aus dem BBPIG zum 15.07.2023	80
16 Merkmale der in Hessen verlaufenden Vorhaben nach EnLAG zum 15.07.2023	84
17 Fahrleistungen mautpflichtiger Lkw auf hessischen Autobahnen 2022.....	95
18 Fahrleistungen mautpflichtiger Lkw nach Schadstoffklasse und Achsklasse 2022 (in 1.000 km)	96
19 Personenkraftfahrzeuge in Hessen nach Antriebsarten zum Jahresbeginn 2010 und 2023 sowie im Vorjahresvergleich.....	97
20 Anträge auf Umweltbonus beim BAFA aus Hessen 2020-2023.....	98
21 Bestand an Elektro- und Hybrid-Pkw, öffentlichen und privaten Ladesäulen in den hessischen Regionen	100
22 Besondere Ausgleichsregelung: privilegierte Strommengen nach Bundesländern 2010-2022.....	115
23 Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energieanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung in Hessen (nominal, in Mio. Euro).....	119
24 Anzahl der in Hessen im Jahr 2022 und bis zum 30.06.2023 im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms neu bewilligten Förderprojekte nach Fördersumme (nominal, in Euro).....	125
25 Anzahl der Patente im Bereich erneuerbarer Energien in den Bundesländern 2012-2021	127

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 Strukturforschung
HA	HA Hessen Agentur GmbH
HEG	Hessisches Energiegesetz
HFKW	Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
HMUKLV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
HMWEVW	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen
HMWK	Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst
HOLM	House of Logistics and Mobility
HSL	Hessisches Statistisches Landesamt
HTAI	Hessen Trade & Invest GmbH
IEE	Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik
IWU	Institut Wohnen und Umwelt GmbH
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
km	Kilometer
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
kV	Kilovolt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LAK	Länderarbeitskreis Energiebilanzen
LBIH	Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen
LDEW	Landesverband der Energie- und Wasserwirtschaft Hessen / Rheinland-Pfalz e. V.
LEA	LandesEnergieAgentur Hessen GmbH
Lkw	Lastkraftwagen
LOEWE	Landes-Offensive zur Entwicklung wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz
MAP	Marktanreizprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt
MaStR	Marktstammdatenregister
min	Minuten
Mio.	Million
MsbG	Gesetz über den Messstellenbetrieb und die Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen

MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz
NAPE	Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz
NECP	National Energy and Climate Plan
NEP	Netzentwicklungsplan
NF 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
RMV	Rhein-Main-Verkehrsverbund
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 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 2022 und HSL 2023b).
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)	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. 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.
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						
Schadstoffklasse	Kategorie					
	A	B	C	D	E	F
Schadstoffklasse	S6	S5, EEV Klasse 1	S3 mit PMK*, S4	S2 mit PMK*, S3	S2	S1, keine SSK
Euro-Schadstoffklasse	Euro 6	Euro 5, EEV1	Euro 3 + PMK*, Euro 4	Euro 2 + PMK*, Euro 3	Euro 2	Euro 1, Euro 0

* PMK – Partikelminderungsklassen sind Nachrüstungsstandards zur Senkung des Partikelausstoßes. Für Kategorie D wird die PMK 1 oder höher, für Kategorie C die PMK 2 oder höher benötigt.

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 (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 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 2019.

**Treibhausgas-
minderungsquote**

Seit dem Jahr 2015 orientieren sich die Beimischungen von Biokraftstoffen nicht mehr an einem Mengenziel, sondern sie werden über ein Treibhausgasminderungsziel berechnet. Für 2015 wurde eine Treibhausgasminderungsquote von 3,5 Prozent festgelegt. Diese wurde ab dem Jahr 2017 auf 4 und Anfang 2020 auf 6 Prozent erhöht. Mit dem im Bundestag am 21. Mai 2021 verabschiedeten Gesetz zur Weiterentwicklung der Treibhausgasminderungsquote wurden weitere Erhöhungsschritte festgelegt: von 7 Prozent ab 2022 stufenweise bis auf 25 Prozent im Jahr 2030. Die Treibhausgasminderungsquote kann allerdings nicht nur durch Biokraftstoffe, sondern auch durch Anrechnung von grünem Wasserstoff oder Strom für Elektrofahrzeuge erfüllt werden. Um den Aufbau der Ladeinfrastruktur für elektrisch betriebene Fahrzeuge zu unterstützen, wird der Strom, der in Elektrofahrzeugen genutzt wird, mit dem Dreifachen seines Energiegehaltes für die Erfüllung der Treibhausgasminderungsquote angerechnet (Umweltbundesamt 2022). Die Einhaltung der Quote wird vom Hauptzollamt Frankfurt/Oder überprüft.

Volllaststunden

Die Volllaststundenzahl eines Kraftwerks ist als Quotient aus im Jahr erzeugter Strommenge und Maximalleistung definiert. Der theoretische Maximalwert beträgt 8.760 h, denn dies ist die Zahl der Stunden eines Jahres.

Wasserkraft

Energie, die mithilfe von Wasserrädern oder Wasserturbinen aus fließendem Wasser gewonnen wird. Das Wasser setzt eine Turbine in Bewegung, die einen Generator zur Stromerzeugung antreibt. Dabei wird die Wasserkraftnutzung im Binnenland in folgende drei Bereiche unterteilt: Laufwasserkraftwerke (Flusskraftwerke), Speicherwasserkraftwerke (Talsperren, Stauseen), Pumpspeicherkraftwerke.

Wirkungsgrad

Verhältnis von Energieeinsatz und erhaltener Leistung (z. B. Strom oder Wärme). Der Gesamtwirkungsgrad von Anlagen zur Stromproduktion setzt sich zusammen aus dem elektrischen und dem thermischen Wirkungsgrad. So kann man den Wirkungsgrad erhöhen, indem man auch die Wärme, die bei der Stromerzeugung entsteht, nutzt.

Literatur- und Quellenverzeichnis

50hertz, amprion, Transnet BW, Tennet (2023a)

Deutsches Übertragungsnetz, Netztransparenz.de: Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, 2023, <https://www.netztransparenz.de/Allgemeines/Deutsches-Uebertragungsnetz>, abgerufen am 25.06.2023.

50hertz, amprion, Transnet BW, Tennet (2023b)

Netzentwicklungsplan Strom 2037 mit Ausblick 2045, Version 2023, Zweiter Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber, 2023, https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/2023-06/NEP_2037_2045_V2023_2_Entwurf_Teil1_1.pdf, und https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/2023-06/NEP_2037_2045_V2023_2_Entwurf_Teil2_0.pdf, abgerufen am 26.06.2023.

AGEB (2023a)

Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2022, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V., Berlin, Februar 2022, <https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/primaerenergieverbrauch/>, abgerufen am 26.06.2023.

AGEB (2023b)

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/quartersbericht_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 (2023)

Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland (Stand: Februar 2023), Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik, Dessau-Roßlau, 2023, https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html, abgerufen am 26.06.2023.

AGEE-Stat (2016)

Datenquellen und Methodik der AGEE-Stat-Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Stromerzeugung und installierte Leistung, Dessau-Roßlau, 2016.

AGFW (2022)

AGFW-Hauptbericht 2021, Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V., Frankfurt am Main, Dezember 2022, <https://www.agfw.de/energie-wirtschaft-recht-politik/energie-wende-politik/aktuelles-aus-dem-bereich/newsdetail/agfw-hauptbericht-fernwaerme-30-prozent-klimaneutrale-waermeerzeugung-fernwaerme-besser-als-uebriger-waermemarkt>, abgerufen am 02.08.2023.

BAFA (2023a)

Sonderauswertung über die in Hessen geförderten Anlagen im Rahmen des Marktanzreizprogramms und der Bundesförderung effiziente Gebäude im Jahr 2022, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2023, unveröffentlicht.

BAFA (2023b)

Elektromobilität (Umweltbonus). Zwischenbilanz zum Antragstand vom 01.05.2023, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2023, https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/e-mob_zwischenbilanz.pdf, abgerufen am 15.05.2023.

BAFA (2023c)

Elektromobilität: Erstellung eines Einzelantrags, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2023, https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Elektromobilitaet/elektromobilitaet_node.html, abgerufen am 15.05.2023.

BAFA (2023d)

Besondere Ausgleichsregelung, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2023, https://www.bafa.de/DE/Energie/Besondere_Ausgleichsregelung/Hintergrundinformationen/hintergrundinformationen_node.html, abgerufen am 23.03.2023.

BAFA (2023e)

Rohöl- und Erdgasstatistik 2022, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, 2023, https://www.bafa.de/DE/Energie/Rohstoffe/rohstoffe_node.html, abgerufen am 23.03.2023.

BAFA (2020)

Neue Energie für das Neue Jahr! BAFA startet Januar 2021 mit Umsetzung der BEG Einzelmaßnahmen, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle,

Eschborn, 2020, https://www.bafa.de/SharedDocs/Kurz-meldungen/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/20201214_beg.html, abgerufen am 22.03.2022.

BAG (2023)

Mautdaten Bund, 01.2022-12.2022, Bundesamt für Güterverkehr, Köln, 2023, https://www.bag.bund.de/DE/Navigation/Verkehrsaufgaben/Statistik/statistik_node.html, abgerufen am 15.03.2023.

BASt (2023)

Maut, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2023, https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-maut.html, abgerufen am 15.03.2023.

BDEW (2023a)

Anwendungshilfe: Marktkommunikation mit der Sicherheitsplattform Gas, Version 1.1, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 11.05.2023, https://www.bdew.de/media/documents/Awh_20230511_Marktprozesse_Version1.1.pdf, abgerufen am 22.06.2023.

BDEW (2023b)

BDEW-Strompreisanalyse Juli 2023, Haushalte und Industrie, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 2023, https://www.bdew.de/media/documents/230724_BDEW-Strompreisanalyse_Juli_2023_24.07.2023.pdf, abgerufen am 31.07.2023.

BDEW (2023c)

Die Energieversorgung 2022 – Jahresbericht –, 31. Mai 2023, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 2023, <https://www.bdew.de/service/publikationen/jahresbericht-energieversorgung/>, abgerufen am 27.06.2023.

BMBF (2023)

Wasserstoff Leitprojekte, Bundesministerium für Bildung und Forschung, <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/>, abgerufen am 14.06.2023.

BMDV (2023)

Gesamtkonzept erneuerbare Kraftstoffe, Bundesministerium für Digitales und Verkehr, <https://erneuerbare-kraftstoffe.de/projekte/>, abgerufen am 19.06.2023.

BMJ (2023)

Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz (NABEG), Bundesministerium der Justiz, Bundesamt für Justiz, 2023, <https://www.gesetze-im-inter-net.de/nabeg/BJNR169010011.html>, abgerufen am 17.07.2023.

BMWK (2023a)

Bericht des Bundeswirtschafts- und Klimaschutzministeriums zu Planungen und Kapazitäten der schwimmenden und festen Flüssigerdgasterminals, Berlin, 03.03.2023, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/20230303-Ing-bericht.pdf?__blob=publicationFile&v=2, abgerufen am 27.06.2023.

BMWK (2023b)

Smart Meter-Gesetz final beschlossen: Flächendeckender Einsatz intelligenter Stromzähler kommt, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, Pressemitteilung vom 12.05.2023, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/05/20230512-smart-meter-gesetz-final-beschlossen.html>, abgerufen am 25.06.2023.

BMWK (2023c)

Erdgasversorgung in Deutschland, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/gas-erdgasversorgung-in-deutschland.html>, abgerufen am 24.06.2023.

BMWK (2023d)

Bundesbericht Energieforschung 2023: Forschungsförderung für die Energiewende, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2023, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesbericht-energieforschung-2023.html>, abgerufen am 12.06.2023.

BMWK (2023e)

Gasspeichergesetz – Versorgungssicherheit durch volle Gasspeicher, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/220325_faktenpapier_gasspeichergesetz.pdf?__blob=publicationFile&v=8, abgerufen am 27.06.2023.

BMWK (2023f)

Infografik Gesetzlicher Smart-Meter-Rolloutfahrplan, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2023, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/infografik-smart-meter-rolloutfahrplan.html>, abgerufen am 25.06.2023.

BMWK (2023g)

Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2023, https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html, abgerufen am 01.06.2023.

BMWK (2023h)

Gemeinsame Absichtserklärung: Mehr Tempo bei der Transformation der Wärmeversorgung. Wärmenetze klimaneutral um- und ausbauen, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2023,

https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0612-erklarung-fernwaeme-gip-fel.pdf?__blob=publicationFile&v=10, abgerufen am 23.06.2023.

BMWK (2023i)

Ein Stromnetz für die Energiewende, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2023, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/netze-und-netzausbau.html>, abgerufen am 25.06.2023.

BMWK (2023j)

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 (2022a)

Änderung des Energiesicherungsgesetzes. Sichere Energieversorgung – auch in Krisenzeiten, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/06/20220619-habeck-wir-starken-die-vorsorge-weiter.html>, abgerufen am 27.06.2023.

BMWK (2022b)

Zweiter Fortschrittsbericht Energiesicherheit, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0501_fortschrittsbericht_energiesicherheit.pdf?__blob=publicationFile&v=4, abgerufen am 27.06.2023.

BMWK (2022c)

Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien 2000 bis 2021, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2022, https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/zeitreihe-der-beschaeftigungszahlen-seit-2000.pdf?__blob=publicationFile&v=1, abgerufen am 23.06.2023.

BNetzA (2023a)

Marktstammdatenregister, Bundesnetzagentur, Bonn, August 2023, <https://www.marktstammdatenregister.de>, abgerufen am 01.08.2022.

BNetzA (2023b)

Beendete Ausschreibungen Windenergie an Land, Bonn, Juni 2023, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Wind_Onshore/BeendeteAusschreibungen/artikel.html, abgerufen am 02.08.2023.

BNetzA (2023c)

Aktuelle Lage der Gasversorgung in Deutschland, Bundesnetzagentur, Bonn, 2023, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/aktuelle_gasversorgung/start.html, abgerufen am 27.06.2023.

BNetzA (2023d)

Sicherheitsplattform Gas, Bundesnetzagentur, Bonn, 2023, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/SiPlaGas/start.html>, abgerufen am 26.06.2023.

BNetzA (2023e)

Monitoring des Stromnetzausbaus, Erstes Quartal 2023, Bundesnetzagentur, Bonn, Juni 2022, https://data.netzausbau.de/Vorhaben/Monitoring/Monitoringbericht_Q1-23.pdf, abgerufen am 17.07.2023.

BNetzA (2023f)

Netzausbau, Bundesnetzagentur, Bonn, 2022, <https://www.netzausbau.de/Vorhaben/uebersicht/liste/liste.html>, abgerufen am 17.07.2023.

BNetzA (2023g)

Vorhaben von gemeinsamem Interesse (PCI), Bonn, 2023, <https://www.netzausbau.de/Wissen/Europa/PCI/PCI.html>, abgerufen am 17.07.2023.

BNetzA (2023h)

Kennzahlen der Versorgungsunterbrechungen Strom, Bonn, 2023, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Versorgungsunterbrechungen/Auswertung_Strom/start.html, abgerufen am 20.06.2023.

BNetzA (2023i)

Bericht Netzengpassmanagement – Gesamtjahr 2022, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Engpassmanagement/Ganzjahreszahlen2022.pdf?__blob=publicationFile&v=2, abgerufen am 17.07.2023.

BNetzA (2023j)

Feststellung des Bedarfs an Netzreserve für den Winter 2023/2024, Bonn, 28. April 2023, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Netzreserve/Feststellung_Netzreservebedarf_2023.pdf?__blob=publicationFile, abgerufen am 17.07.2023.

BNetzA (2023k)

Kennzahlen der Versorgungsunterbrechungen Gas, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Versorgungsunterbrechungen/Auswertung_Gas/start.html, abgerufen am 17.07.2023.

BNetzA (2023i)

Beendete Ausschreibungen Solar-Freifläche, Bonn, Juni 2023,

<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Solaranlagen1/BeendeteAusschreibungen/start.html>, abgerufen am 26.06.2023.

BNetzA (2023m)

Beendete Ausschreibungen Solar Aufdach, Bonn, Juni 2023,

<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Solaranlagen2/BeendeteAusschreibungen/start.html>, abgerufen am 03.08.2022.

BNetzA (2023n)

Beendete Gemeinsame Ausschreibung Wind/Solar, Bonn, Juni 2023,

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Gemeinsame_Wind_Solar/BeendeteAusschreibungen/start.html, abgerufen am 26.06.2023.

BNetzA (2023o)

Strom – Bericht zum Zustand und Ausbau der Verteilernetze 2022, Juli 2023

https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzentwicklungUndSmartGrid/ZustandAusbauVerteilernetze2022.pdf?__blob=publicationFile&v=2, abgerufen am 31.07.2023.

BNetzA (2023p)

Hintergrundinformationen Gasversorgung, Bundesnetzagentur, Bonn, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/Hintergrund/start.html>, abgerufen am 27.06.2023.

BNetzA (2023q)

Elektromobilität: Öffentliche Ladeinfrastruktur <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/E-Mobilitaet/start.html>, abgerufen am 31.05.2023.

BNetzA (2022a)

Kraftwerksliste Bundesnetzagentur (bundesweit; alle Netz- und Umspannebenen), Stand: 22.11.2022, Bundesnetzagentur, Bonn, November 2022, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.html>, abgerufen am 26.06.2023.

BNetzA (2022b)

Kraftwerksliste Bundesnetzagentur zum erwarteten Zu- und Rückbau 2022 bis 2025, Stand: 02.11.2022, Bundesnetzagentur, Bonn, November 2022 [<men/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.html>, abgerufen am 26.06.2023.](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthe-</p>
</div>
<div data-bbox=)

BNetzA, BKartA (2022a)

Marktbeobachtung Monitoring-Energie, Monitoringbericht 2022 gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB, Bundesnetzagentur, Bundeskartellamt, Bonn, Stand: 14.12.2022.

https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/MonitoringberichtEnergie2022.pdf;jsessionid=D9C11C4D648C15B2EEEF8034B5F3E63D?__blob=publicationFile&v=6, abgerufen am 21.06.2023.

BNetzA, BKartA (2022b)

Monitoringbericht 2021 gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB, Bundesnetzagentur, Bundeskartellamt, Bonn, Stand: 15.03.2022.

https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht_Energie2021.pdf;jsessionid=D9C11C4D648C15B2EEEF8034B5F3E63D?__blob=publicationFile&v=9, abgerufen am 21.06.2023.

Borderstep (2023)

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 27.06.2023.

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.

Bundesregierung (2022)

Änderung des Energiesicherungsgesetzes: Sichere Energieversorgung – auch in Krisenzeiten, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Berlin, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/energiesicherheit-2027654w.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/energiesicherheit-2027654>, abgerufen am 26.06.2023.

Bundesregierung (2023)

LNG-Beschleunigungsgesetz: Nationale Energieversorgung sichern, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Berlin, 2023, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/sichere-gasversorgung-2037912>, abgerufen am 26.06.2023.

Deutsche Börse (2023)

Co2 Emissionsrechte, Deutsche Börse AG, Eschborn, Juni 2023, <https://www.boerse.de/historische-kurse/Co2-Emissionsrechtepreis/XC000A0C4KJ2>, abgerufen am 19.06.2023.

Destatis (2023a)

Statistischer Bericht, Preise, Verbraucherpreisindizes für Deutschland, Dezember 2022, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2023, https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Verbraucherpreisindex/Publikationen/Downloads-Verbraucherpreise/verbraucherpreisindex-jahresbericht-pdf-5611104.pdf?__blob=publicationFile, abgerufen am 01.06.2023.

Destatis (2023b)

Statistischer Bericht, Preise, Erzeugerpreise, FS 17 R 2, Dezember 2022, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2023, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Erzeugerpreisindex-gewerbliche-Produkte/Publikationen/Downloads-Erzeugerpreise/erzeugerpreise-lange-reihen-pdf-5612401.html>, abgerufen am 01.06.2023.

Destatis (2023c)

Einfuhr von Steinkohle für das Jahr 2023, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2023, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/Verwendung/n/einfuhr-steinkohle-jaehrlich.html>, abgerufen am 01.06.2023.

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 (2023)

Marktdaten Strom – KWK-Index, European Energy Exchange AG, Leipzig, <https://www.eex.com/de/marktdaten/strom/kwk-index>, abgerufen am 1.06.2023.

FNB Gas (2023)

Fernleitungsnetz Gas, Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e. V., Berlin, <https://fnb-gas.de/deutschland-sicher-mit-erdgas-versorgen/fernleitungsnetz/>, abgerufen am 24.06.2023.

Gas Infrastructure Europe (2023)

GIE Aggregated Gas Storage Inventory <https://agsi.gie.eu/>, abgerufen am 29.09.2023.

Hessen Agentur (2023)

Hessischer Konjunkturspiegel 4. Quartal 2021, Schwerpunktthema: Hessischer Außenhandel im zweiten Corona-Jahr, Wiesbaden, 2022, https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2022/3751_Hessen_Konjunkturspiegel_4Q2021.pdf, abgerufen am 22.05.2022.

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://www.energie-land.hessen.de/pdf/abschlussbericht_energiegipfel_2011.pdf, abgerufen am 26.06.2023.

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://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.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 (2023)

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) – Sonderauswertung des Erdwärmeverzeichnis, unveröffentlicht, Wiesbaden, 2023.

HMUKLV (2023)

Sonderauswertung zur Genehmigungsdauer von Windenergieanlagen, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, Juni 2023.

HMUKLV (2022)

Treibhausgasbilanz für das Land Hessen Bilanzjahr 2020, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, Dezember 2022, https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2022-12/treibhausgasbilanz_2020.pdf, abgerufen am 15.06.2023.

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://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2023-05/gemeinsamer_erlass_hmuklv-hmwevw_neuregelungen_zur_beschleunigung_wea_ausbau_aktualisiert_0.pdf, abgerufen am 27.07.2023.

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.

HSL (2023a)

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, 2023.

HSL (2023b)

Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Hessen im Jahr 2021, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2023.

HSL (2023c)

Baufertigstellungen in Hessen im Jahr 2022, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2023.

HSL (2023d)

Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung in Hessen und Deutschland 2015 bis 2022, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2023.

HSL (2023e)

Energieversorgung in Hessen im Juni 2023, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, Oktober 2023, https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/2023-10/EIV1_EIV2_EIV3m_23-06.pdf, abgerufen am 23.10.2023.

HSL (2023f)

Verbraucherpreisindex in Hessen 2019 bis 2022, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, Januar 2023, https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/2023-01/mi2_j22.pdf, abgerufen am 14.06.2023.

HSL (2022)

Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Hessen im Jahr 2019, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2022.

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 (2023)

Bereitstellung aktueller Daten zur Energieversorgung in Hessen bis zum Jahr 2022, Leipziger Institut für Energie GmbH, Leipzig, Mai 2023.

KBA (2023)

Fahrzeugbestand nach Umweltmerkmalen, Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg, 2023, https://www.kba.de/DE/Statistik/statistik_node.html, abgerufen am 31.05.2023.

KfW (2023)

Förderreporte 2009 bis 2022, Kreditanstalt für Wiederaufbau, Frankfurt, 2023, https://www.kfw.de/Presse-Newsroom/Pressematerial/F%C3%B6rderreport/KfW-F%C3%B6rderreport_2022.pdf, abgerufen am 31.03.2023.

KSG (2021)

Bundes-Klimaschutzgesetz, Hrsg: Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister der Justiz, Berlin 2021 <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/KSG.pdf>, abgerufen am 02.08.2022.

LAK (2023)

Methodik der Energiebilanzen, Länderarbeitskreis Energiebilanzen, Bremen, 2023, <https://www.lak-energiebilanzen.de/methodik-der-energiebilanzen/>, abgerufen am 14.06.2023.

LEA (2023)

Potenzialanalyse – Wasserstoff in Hessen, Landesenergieagentur Hessen, Wiesbaden, 2023, <https://www.lea-hessen.de/mediathek/publikationen/4110>, abgerufen am 24.08.2023.

LEA (2022)

Metastudie Sektorkopplung in Hessen, Landesenergieagentur 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 (2022)

Datenbereitstellung im Rahmen der Erstellung des Monitoringberichts, LDEW Landesverband der Energie- und Wasserwirtschaft Hessen/Rheinland-Pfalz e. V., Mainz, 2022.

LIS-A (2023)

LänderInformationssystem für Anlagen, Datenstand 19.07.2023, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz,

Wiesbaden, 2023, <https://www.hlnug.de/themen/luft/windenergie-in-hessen>, abgerufen am 03.08.2023.

LIV (2023)

Landesinnungsverband Schornsteinfegerhandwerk Hessen (LIV) – hessischer Beitrag zu den Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2022, unveröffentlicht, Bebra, 2023.

LIV (2022)

Landesinnungsverband Schornsteinfegerhandwerk Hessen (LIV) – hessischer Beitrag zu den Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2021, unveröffentlicht, Bebra, 2022.

LIV (2021)

Landesinnungsverband Schornsteinfegerhandwerk Hessen (LIV) – hessischer Beitrag zu den Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2020, unveröffentlicht, Bebra, 2021.

LIV (2016)

Landesinnungsverband Schornsteinfegerhandwerk Hessen (LIV) – hessischer Beitrag zu den Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2015, unveröffentlicht, Bebra, 2016.

MND (2023)

MND Energy Storage Germany, <https://www.mnd-energystorage.de/>, abgerufen am 1.10.2023.

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 (2023a)

Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Länder im Jahr 2021, Projektträger Jülich, https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ptjpublications/FC589E80FCC0372FE0537E695E86664A/live/document/L%C3%A4nderbericht_2021.pdf, abgerufen am 13.06.2023.

PTJ (2023b)

Energie Wende Bauen: Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere, Projektträger Jülich, <https://www.energiewendebauen.de/projekt/delta-das-energiesystem-der-stadt-verbinden>, abgerufen am 14.06.2022.

PTJ (2023c)

enArgus: Zentrales Informationssystem Energieforschungsförderung, Projektträger Jülich, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, 2023 <https://www.enargus.de>, abgerufen am 16.06.2023.

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 27.07.2023.

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 26.06.2023.

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 26.06.2023.

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 26.06.2023.

TU Darmstadt (2023)

Technische Universität Darmstadt, Schaufenster für die urbane Energiewende durch interagierende energieoptimierte Quartiere, <https://delta-darmstadt.de/>, abgerufen am 14.06.2023.

Umweltbundesamt (2023)

Nationaler Emissionshandel, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2023, https://www.dehst.de/DE/Nationaler-Emissionshandel/Zertifikate-Verkauf-Handel/zertifikate-verkauf-handel_node.html, abgerufen am 19.06.2023.

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 (2016)

Rebound-Effekte: Wie können sie effektiv begrenzt werden?, Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 2016, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rebound-effekte_wie_können_sie_effektiv_begrenzt_werden_handbuch.pdf, abgerufen am 20.08.2019.

Umweltbundesamt (2001)

Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Flugverkehrs, Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 2001.

UNCTAD (2023)

Global trade update 2022, United Nations Conference on Trade and Development (Hrsg.), Genf, 2023, https://unctad.org/system/files/official-document/ditcinf2023d1_en.pdf, abgerufen am 14.06.2023.

ÜNB (2022)

EEG-Anlagenstamm- und Bewegungsdaten der Übertragungsnetzbetreiber, 50hertz, Amprion, TenneT, TransnetBW im Rahmen der EEG-Jahresabrechnung 2021, Juli 2022, <https://www.netztransparenz.de/EEG/Jahresabrechnungen>, abgerufen am 19.10.2022.

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 (2023a)

Investitionen in Erneuerbare Energien-Anlagen in Hessen im Jahr 2022, Ergebnisdokumentation, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart, 2023, unveröffentlicht.

ZSW (2023b)

Sonderauswertung der Patentstatistik des Deutschen Patent- und Markenamtes (Stand: 31.05.2023), 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 und Wohnen
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

Lukas Mauer, Dr. Andreas Meissauer, Michael Wiesmeth: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen; Dr. Anne-Katrin Wincierz, Peer Pfennig, Binia Sonnen: Hessisches Statistisches Landesamt

Stand

November 2023

Anmerkung zur Verwendung

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

Bildnachweis

Dennis Möbius (Titel oben), nnattalli – stock.adobe.com (Titel unten), Oliver Rüter – HMWEVW (S. 1), patpitchaya – stock.adobe.com (S. 7), by-studio – stock.adobe.com (S. 12), Smileus – stock.adobe.com (S. 27), rh2010 – stock.adobe.com (S. 38), Dennis Möbius (S. 50), fefufoto – stock.adobe.com (S. 72), Sina Ettmer – stock.adobe.com (S. 90), travelview – stock.adobe.com (S. 101), Serhii – stock.adobe.com (S. 109), MKS – stock.adobe.com (S. 143)

Druck

Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden. Gedruckt auf ColorCopy Papier, FSC™-zertifiziert.

Auflage

600

Bestellung

Download im Internet unter: www.wirtschaft.hessen.de
erscheint auch als HA-Report Nr. 1094 (www.hessen-agentur.de/publikationen)

HESSEN



Herausgeber:

Hessisches Ministerium für Wirtschaft,
Energie, Verkehr und Wohnen

Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden

www.wirtschaft.hessen.de



HessenAgentur

HA Hessen Agentur GmbH