

Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt,  
Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat

HESSEN



# Treibhausgasbilanz für das Land Hessen

## Bilanzjahr 2023



Erstellt durch das Hessische Statistische Landesamt

Dezember 2025



## Copyright

© Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat, Wiesbaden, 2025

Die Vervielfältigung und Verbreitung sind – auch auszugsweise – mit Quellenangabe gestattet.

## Autorinnen und Autoren

Jacek Walsdorfer, Hessisches Statistisches Landesamt

Janine Dubois, Hessisches Statistisches Landesamt

## Zeichenerklärungen

- = Wert unbekannt oder geheim zu halten
- = genau Null (nichts vorhanden) bzw. keine Veränderung eingetreten
- x = Angabe nicht sinnvoll
- 0 = Zahlenwert auf Null gerundet

Im Allgemeinen ist ohne Rücksicht auf die Endsumme auf- bzw. abgerundet worden. Das Ergebnis der Summierung der Einzelzahlen kann deshalb geringfügig von der Endsumme abweichen.

## Inhalt

|   |    |
|---|----|
| Zusammenfassung .....   | 7  |
| Auftrag und methodische Hinweise .....  | 9  |
| Vorbemerkungen .....  | 11 |
| 1 Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen .....   | 13 |
| 1.1 Methode der Bilanzierung energiebedingter CO <sub>2</sub> -Emissionen.....  | 13 |
| 1.2 Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen (Quellenbilanz) im Überblick .....  | 15 |
| 1.3 Sektoraler Vergleich der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen<br>(Quellenbilanz) zwischen Hessen und Deutschland..... | 21 |
| 1.4 Indikatoren zu den energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen<br>(Quellenbilanz) .....                                      | 24 |
| 1.5 Verursacherbezogene CO <sub>2</sub> -Emissionen .....   | 28 |
| 2 CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Industrieprozessen .....  | 33 |
| 2.1 Ermittlung prozessbedingter CO <sub>2</sub> -Emissionen.....  | 33 |
| 2.2 Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen bei der Herstellung von<br>Zementklinker .....                                    | 35 |
| 2.3 Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen bei der Herstellung von Kalk.....   | 36 |
| 2.4 Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen bei der Herstellung von Glas .....  | 37 |
| 2.5 Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen bei der Herstellung von<br>Ammoniak .....   | 37 |
| 2.6 Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen bei der Herstellung von<br>Mauer- und Dachziegeln .....                           | 38 |
| 3 Methanemissionen .....  | 39 |
| 3.1 Methode zur Ermittlung der Methanemissionen und<br>Berechnungsstand.....  | 39 |
| 3.2 Die Methanemissionen im Einzelnen.....  | 40 |
| 4 Lachgasemissionen.....  | 45 |
| 4.1 Methode zur Ermittlung der Lachgasemissionen und<br>Berechnungsstand.....   | 45 |
| 4.2 Die Lachgasemissionen im Einzelnen .....  | 45 |
| 5 F-Gas-Emissionen.....   | 49 |
| 6 Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und<br>Forstwirtschaft (LULUCF) .....  | 51 |
| 7 Fazit.....  | 53 |
| Verwendete Abkürzungen .....  | 55 |
| Quellenverweise .....   | 56 |
| Anhang .....  | 58 |
| Anhang 1: Demographische und gesamtwirtschaftliche Entwicklung .....  | 59 |
| Anhang 2: Glossar .....   | 66 |

## Tabellenverzeichnis

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabelle 1  | Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2023 nach Sektoren.....  | 17 |
| Tabelle 2  | Struktur der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen der Industrie in Hessen im Jahr 2023 .....  | 20 |
| Tabelle 3  | Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2023.....  | 23 |
| Tabelle 4  | Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen bezogen auf Bevölkerung, Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch in Hessen und Deutschland von 1990 bzw. 1991 bis 2023..... | 25 |
| Tabelle 5  | CO <sub>2</sub> -Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen in den Jahren 2022 und 2023 .....   | 30 |
| Tabelle 6  | Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2023.....  | 34 |
| Tabelle 7  | Methanemissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2023.....   | 41 |
| Tabelle 8  | Methanemissionen in Hessen von 1990 bis 2023 nach Sektoren.....   | 42 |
| Tabelle 9  | Lachgasemissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2023 .....   | 46 |
| Tabelle 10 | Lachgasemissionen in Hessen von 1990 bis 2023 nach Sektoren.....  | 47 |
| Tabelle 11 | F-Gas-Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2023 .....  | 50 |
| Tabelle 12 | Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft in Hessen von 1990 bis 2023.....   | 52 |
| Tabelle 13 | Bevölkerung in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1990 bis 2023 .....   | 59 |
| Tabelle 14 | Bruttoinlandsprodukt in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1991 bis 2023 .....  | 61 |
| Tabelle 15 | Bruttoinlandsprodukt je Einwohnerin bzw. Einwohner in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1991 bis 2023 .....                                      | 62 |
| Tabelle 16 | Struktur der Bruttowertschöpfung in Hessen und Deutschland von 1991 bis 2023 nach Wirtschaftsbereichen.....   | 63 |
| Tabelle 17 | Zahl der Erwerbstätigen in Hessen und Deutschland von 1991 bis 2023 nach Wirtschaftsbereichen .....   | 65 |

## Abbildungsverzeichnis

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Abbildung 1  | Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2023.....  | 16 |
| Abbildung 2  | Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2023 nach Sektoren.....  | 18 |
| Abbildung 3  | Sektorale Struktur der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2023.....  | 22 |
| Abbildung 4  | Abweichung der hessischen CO <sub>2</sub> -Intensität (bezogen auf Bevölkerung, Bruttoinlandsprodukt, Primärenergieverbrauch) zur deutschen CO <sub>2</sub> -Intensität von 1990/1991 bis 2023..... | 27 |
| Abbildung 5  | Anteile der Emissionssektoren an den quellen- und verursacherbezogenen CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen im Jahr 2023.....  | 29 |
| Abbildung 6  | CO <sub>2</sub> -Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen von 1990 bis 2023.....  | 31 |
| Abbildung 7  | Verursacherbezogene CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen im Jahr 2023 (Sankey Diagramm) .....  | 32 |
| Abbildung 8  | Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2023.....  | 35 |
| Abbildung 9  | Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Zementklinkerherstellung.....   | 35 |
| Abbildung 10 | Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Kalkherstellung .....   | 36 |
| Abbildung 11 | Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Glasherstellung .....   | 37 |
| Abbildung 12 | Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Ammoniakherstellung .....   | 37 |
| Abbildung 13 | Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Ziegelherstellung.....  | 38 |
| Abbildung 14 | Struktur der Methanemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2023.....  | 43 |
| Abbildung 15 | Struktur der Lachgasemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2023.....   | 48 |
| Abbildung 16 | Struktur der Gesamtemissionen in Hessen in CO <sub>2</sub> -Äquivalenten in den Jahren 1990 und 2023 .....  | 53 |
| Abbildung 17 | Veränderung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt, verkettet) in Hessen und Deutschland von 1991 bis 2023 .....  | 61 |
| Abbildung 18 | Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt, verkettet) pro Kopf in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1991 bis 2023 .....   | 62 |

## Zusammenfassung

Die hessische Treibhausgasbilanz für das Bilanzjahr 2023 gibt einen Überblick über die Emissionen der mengenmäßig bedeutendsten Klimagase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (Distickstoffoxid, N<sub>2</sub>O) und F-Gase (HFKW, FKW, SF<sub>6</sub> und NF<sub>3</sub>) für das Bundesland Hessen. Hierbei werden die Emissionen nach den jeweiligen Emissionssektoren aufgeschlüsselt und analog zur nationalen Berichterstattung ab dem Jahr 1990 wiedergegeben.

Bei einer zusammenfassenden Betrachtung aller vier Klimagase wird die Emissionsmenge auf Basis von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten dargestellt, indem die Methan-, Lachgas- und F-Gasmengen mit dem „Global Warming Potential“ (GWP) entsprechend der Höhe ihres klimawirksamen Potentials gewichtet werden. Da die Gruppe der F-Gase viele verschiedene Substanzen umfasst, wird kein Standard-GWP-Wert ausgewiesen. Zuletzt hat das Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC) die Klimawirksamkeit einzelner Stoffe mit dem 5. Sachstandsbericht bewertet, dessen Festlegungen der GWP von Methan, Lachgas und F-Gasen hier verwendet werden (IPCC 2015). Die nachstehende Tabelle zeigt die Emissionsmengen für Hessen im Zeitraum von 1990 bis 2023.

### Treibhausgasemissionen in Hessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten von 1990 bis 2023

| Treibhausgas                    | Chemische Formel | GWP | 1990   | 2000          | 2005          | 2010          | 2015          | 2020          | 2022          | 2023 <sup>1)</sup> | 1990/2023        |
|---------------------------------|------------------|-----|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|------------------|
|                                 |                  |     | Menge in 1 000 t CO <sub>2</sub> -Äquivalenten |               |               |               |               |               |               |                    | Veränderung in % |
| Kohlendioxid <sup>2)</sup>      | CO <sub>2</sub>  | 1   | 43 494   | 45 444        | 42 944        | 39 051        | 36 118        | 32 231        | 33 267        | 30 246             | – 30,5           |
| Energiebedingt <sup>3) 4)</sup> | CO <sub>2</sub>  | 1   | 42 465   | 44 479        | 42 256        | 38 562        | 35 703        | 31 702        | 32 728        | 29 743             | – 30,0           |
| Prozessbedingt                  | CO <sub>2</sub>  | 1   | 1 029  | 965           | 688           | 488           | 416           | 529           | 539           | 503                | – 51,2           |
| Methan <sup>2) 4)</sup>         | CH <sub>4</sub>  | 28  | 6 156  | 4 106         | 3 007         | 2 440         | 2 147         | 1 712         | 1 617         | 1 592              | – 74,1           |
| Lachgas <sup>2) 4)</sup>        | N <sub>2</sub> O | 265 | 1 169  | 1 115         | 1 012         | 994           | 1 044         | 962           | 930           | 893                | – 23,6           |
| F-Gase                          |                  |     | 888  | 940           | 1 006         | 1 015         | 1 092         | 871           | 749           | 712                | – 19,8           |
| <b>Insgesamt</b>                |                  |     | <b>51 707</b>                                  | <b>51 605</b> | <b>47 969</b> | <b>43 499</b> | <b>40 401</b> | <b>35 776</b> | <b>36 563</b> | <b>33 443</b>      | <b>– 35,3</b>    |

1) Vorläufige Werte (außer F-Gase). – 2) Ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft. – 3) Ohne nichtenergetischen Verbrauch. – 4) Ohne internationalen Luftverkehr.

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Die wichtigsten Ergebnisse (jeweils bezogen auf das Jahr 2023) sind:

- In Hessen wurden insgesamt 33,4 Millionen Tonnen (Mio. t) CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert.
- Hierbei machte Kohlendioxid 90,4 % des erfassten Emissionsgeschehens aus, auf Methan entfielen 4,8 %, auf Lachgas 2,7 % und auf F-Gase 2,1 % der CO<sub>2</sub>-Äquivalente insgesamt.
- Die Treibhausgasemissionen gingen insgesamt im Vergleich zu 1990 um 35,3 % zurück. Der Rückgang betrug bei Kohlendioxid 30,5 %, bei Methan 74,1 %, bei Lachgas 23,6 % und bei den F-Gasen 19,8 %.

Die hessischen Treibhausgasemissionen lassen sich analog zur bundesdeutschen Berichterstattung vier Quellgruppen zuordnen (siehe folgende Tabelle).

- Die Quellgruppe Energie machte im Jahr 2023 mit 30,2 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten bzw. 90,4 % den mit Abstand größten Anteil aus. Auf die drei größten Untergruppen der Quellgruppe Energie entfielen: Verkehrssektor 36,9 %, gefolgt von den Sektoren „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ mit 28,5 % sowie „Energieumwandlung und -erzeugung“ mit 16,8 %.
- Die Landwirtschaft, als Hauptverursacher der CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen, trug 2023 mit 1,7 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten bzw. 5,0 % den zweitgrößten Anteil bei.
- Die Emissionen aus Prozessen und Produktanwendungen erreichten mit 1,2 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten einen Anteil von 3,7 %.
- Die Quellgruppe der Abfall- und Abwasserwirtschaft steuerte mit 0,9 % einen vergleichsweise geringen Anteil bei. Im Vergleich zum Jahr 1990 reduzierten sich die Emissionen dieses Sektors prozentual am stärksten.

### Treibhausgasemissionen in Hessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten von 1990 bis 2023 nach Sektoren

| Quellgruppe  | 1990  | 2000          | 2005          | 2010          | 2015          | 2020          | 2022          | 2023 <sup>1)</sup> | 1990/2023        |
|--|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|------------------|
|  | Emissionen <sup>2)</sup> in 1 000 t CO <sub>2</sub> -Äquivalenten |               |               |               |               |               |               |                    | Veränderung in % |
| Energie  | 43 348  | 45 277        | 42 925        | 39 220        | 36 290        | 32 211        | 33 239        | 30 223             | – 30,3           |
| Prozesse und Produktanwendungen  | 2 051   | 1 989         | 1 736         | 1 538         | 1 537         | 1 429         | 1 321         | 1 235              | – 39,8           |
| Landwirtschaft   | 2 520   | 2 131         | 1 987         | 1 939         | 1 955         | 1 782         | 1 691         | 1 674              | – 33,6           |
| Abfall- und Abwasserwirtschaft   | 3 788   | 2 208         | 1 321         | 802           | 619           | 354           | 312           | 312                | – 91,8           |
| <b>Insgesamt</b>   | <b>51 707</b>   | <b>51 605</b> | <b>47 969</b> | <b>43 499</b> | <b>40 401</b> | <b>35 776</b> | <b>36 563</b> | <b>33 443</b>      | <b>– 35,3</b>    |
| 1) Vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr; ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft; ohne nichtenergetischen Verbrauch. |   |               |               |               |               |               |               |                    |                  |

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Bezieht man die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen – die für den Großteil des erfassten Emissionsgeschehens verantwortlich sind – auf die Bevölkerung bzw. das Bruttoinlandsprodukt (BIP) in Hessen, lässt sich Folgendes festhalten (siehe Abschnitt 1.4):

- Im Jahr 2023 waren die hessischen Pro-Kopf-Emissionen 37,5 % niedriger als 1990, die BIP-spezifischen Emissionen waren 53,7 % niedriger als 1991.
- Die hessischen Pro-Kopf-Emissionen waren im Jahr 2023 um 29,2 % niedriger als auf Bundesebene.
- Das Bruttoinlandsprodukt wurde 2023 in Hessen im Vergleich zu Deutschland mit einem um 36,7 % niedrigeren CO<sub>2</sub>-Ausstoß erwirtschaftet.



## Auftrag und methodische Hinweise

Die Treibhausgasbilanz für das Land Hessen (Bilanzjahr 2023) wurde im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat erstellt. Seit 2007 legt das Hessische Statistische Landesamt jährlich eine Treibhausgasbilanz vor, die die Emissionen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (Distickstoffoxid, N<sub>2</sub>O) in Hessen abbildet. Seit 2021 sind Emissionen von F-Gasen – teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW), vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) sowie Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>) – ebenfalls in der Treibhausgasbilanz enthalten.

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. In den Tabellen und Grafiken werden gerundete Werte dargestellt. Anteile bzw. Veränderungsraten wurden mit den intern zur Verfügung stehenden exakten Werten ermittelt. Diese können mehr Nachkommastellen enthalten, sodass sich Differenzen zu einer Berechnung mit den in den Tabellen nachgewiesenen, gerundeten Werten ergeben können.

Die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung erfolgt für Emissionen, die bei der Erzeugung von Energie entstehen (energiebedingte Emissionen), und für Emissionen, die in Produktionsprozessen freigesetzt werden (prozessbedingte Emissionen). Grundlage für die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen ist die Energiebilanz des Landes, die vom Hessischen Statistischen Landesamt im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum jährlich erstellt wird. Um prozessbedingte Emissionen abbilden zu können, werden zusätzlich die Emissionsmengen aus ausgewählten Produktionsprozessen berechnet. Für beide Berechnungsfelder werden die durch den Länderarbeitskreis Energiebilanzen (LAK) vorgegebenen Methoden angewandt.

Die Berechnung der CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen erfolgt im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL) nach der dort festgelegten, für alle Bundesländer einheitlichen, Methode. Bei allen Berechnungsfeldern wird soweit möglich analog zu der Methode vorgegangen, die das Umweltbundesamt bei der Erstellung des Nationalen Inventarberichts (NID; bis 2023: NIR) im Rahmen der Berichterstattung unter der UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC) anwendet. Die methodischen Grundlagen und Berechnungen werden den Mitgliedern des Länderarbeitskreises Energiebilanzen und des Arbeitskreises Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (AK UGRdL) jeweils zur Verfügung gestellt.

Für die Treibhausgasbilanzen und für die wirtschaftlichen Bezugsgrößen gilt das Inlandsprinzip. Das bedeutet, dass alle durch den Flughafen Frankfurt am Main verursachten Emissionen aus methodischen Gründen zunächst in Hessen verbucht werden. Da sie überwiegend der Abwicklung des überregionalen und internationalen Luftverkehrs dienen, wird in einem zweiten Schritt, analog zum Vorgehen auf

Bundesebene, eine Aufteilung in national und international verursachte Emissionen vorgenommen. Die Emissionen aus dem internationalen Luftverkehr werden im Zuge einer Vergleichbarkeit mit dem (inter-)nationalen Bilanzierungsvorgehen nachrichtlich ausgewiesen.

Als Basisjahr für die Treibhausgasemissionen wurde entsprechend der internationalen Berichterstattung einheitlich 1990 gewählt. Dazu war es erforderlich, die für die Jahre 1990 bis 1994 nicht verfügbaren prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen anhand der Zeitreihe zu extrapolieren.

Um eine möglichst aktuelle Berichterstattung zu erreichen, wurden für das Bilanzjahr 2023 teilweise Schätzungen für CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O durchgeführt. Grundlage hierfür bilden Daten der amtlichen Statistik sowie eine Reihe externer Quellen. Die verwendete Methodik orientiert sich an der auf Bundesebene im NID beschriebenen Vorgehensweise. Auch wenn die Daten bis einschließlich 2022 als endgültig bewertet werden, kann es durch die Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse (etwa in Bezug auf einzelne Emissionsfaktoren oder -sektoren) zu rückwirkenden Neuberechnungen kommen, die die gesamte Zeitreihe beeinflussen können.

Der Bericht zur Treibhausgasbilanz gliedert sich in sieben Kapitel. Das erste Kapitel gibt neben methodischen Erläuterungen einen Überblick über die Entwicklung und die Struktur der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und in Deutschland. Ergänzt wird die Darstellung um Indikatoren zur Entwicklung dieses bedeutendsten Teils des Emissionsgeschehens sowie um eine verursacherbezogene Emissionsbetrachtung. Gegenstand des zweiten Kapitels sind die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Hierbei wird auf die einzelnen für das Emissionsgeschehen in Hessen relevanten Industrieprozesse eingegangen. Die Kapitel drei bis fünf befassen sich mit CH<sub>4</sub>-, N<sub>2</sub>O-, und F-Gas-Emissionen. Der Methodenbeschreibung folgt jeweils eine Gegenüberstellung der hessischen und der gesamtdeutschen Emissionsentwicklung. Kapitel sechs gibt einen nachrichtlichen Überblick über die Emissionen bzw. Emissionssenken, die in Hessen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) entstehen. Das siebte Kapitel enthält ein Fazit mit einer Gesamtbetrachtung der Treibhausgasemissionen in Hessen. Im Anhang werden Faktoren wie Bevölkerungsentwicklung und gesamtwirtschaftliches Wachstum thematisiert, die die Beurteilung der Emissionsentwicklung, insbesondere bei den Indikatoren, erleichtern.

## Vorbemerkungen

Seit Beginn der Industrialisierung hat sich der Stoffhaushalt der Erdatmosphäre deutlich verändert: Im Jahr 2023 ist die CO<sub>2</sub>-Konzentration um 51 % gegenüber dem vorindustriellen Niveau (vor 1750) gestiegen. Die CH<sub>4</sub>-Konzentration hat sich um 165 % erhöht und die Konzentration von N<sub>2</sub>O hat um 25 % zugenommen (WMO 2024). Die Freisetzung von F-Gasen (voll- und teilfluorierte Kohlenwasserstoffe, Schwefelhexafluorid und Stickstofftrifluorid) ist nahezu vollständig auf den Menschen zurückzuführen, da diese Stoffe in der Natur nur sehr bedingt vorkommen (UBA 2025b).

Es kann deshalb als gesicherte wissenschaftliche Erkenntnis gelten, dass der Treibhauseffekt und die daraus resultierende Klimaerwärmung überwiegend anthropogen, das heißt durch menschliches Handeln, verursacht werden. Das bestätigt der *Sechste Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen des IPCC* (IPCC 2023) zum wiederholten Mal. Um die negativen Konsequenzen, die mit dieser Entwicklung einhergehen, zumindest abzumildern, hat die internationale Staatengemeinschaft Ziele und Strategien zur Begrenzung der globalen Erwärmung formuliert, die eine Reduktion der Treibhausgasemissionen erfordern.

## Internationale und nationale Bemühungen

Auf der Klimakonferenz von Kyoto im Jahr 1997 legten sich die Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention erstmalig verbindlich auf bestimmte Reduktionsziele fest. Abgeleitet von den Zielen für die Industrienationen übernahm auch die Europäische Gemeinschaft konkrete Reduktionsverpflichtungen: In der zweiten Verpflichtungsperiode (2013-2020) galt eine Minderung von 20 % gegenüber 1990. Im Rahmen einer Lastenteilung zwischen den Mitgliedstaaten verpflichtete sich Deutschland, seine nationalen Treibhausgasemissionen bereits bis 2012 um 21 % gegenüber dem Basisjahr 1990 zu reduzieren (UBA 2013). Im Rahmen des Post-Kyoto-Prozesses, der eine über das Jahr 2012 hinausgehende völkerrechtlich verbindliche Regelung zur Reduzierung der weltweiten Treibhausgasemissionen erreichen soll, kam es im Dezember 2015 auf der UN-Klimakonferenz in Paris zu einer weitreichenden Einigung. Es wurde beschlossen, die globale Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf deutlich unter 2 °C zu begrenzen. Deutschland hat sich mit dem 2021 novellierten Klimaschutzgesetz verpflichtet, seine Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 65 % gegenüber dem Basisjahr 1990 zu reduzieren. Bis zum Jahr 2045 muss eine vollständige Treibhausgasneutralität erreicht werden (Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes vom 31. August 2021). An diesen Zielen hält die Bundesregierung auch mit erneuter Überarbeitung des Klimaschutzgesetzes in den Jahren 2023 und 2024 fest.

## Bemühungen des Landes Hessen

Mit dem Inkrafttreten der Verabschiedung des Hessischen Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (Hessisches Klimagesetz, HKlimaG) im Februar 2023 hat sich das Land Hessen zur Verminderung der Treibhausgasemissionen verpflichtet. Für die Umsetzung ist das Hessische Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat

(HMLU) fachlich zuständig. Bis zum Jahr 2025 soll die Reduktion im Vergleich zu 1990 mindestens 40 % betragen, 65 % bis 2030 und mindestens 88 % bis 2040. Ferner sieht das HKlimaG eine so weitgehende Minderung hessischen Treibhausgasemissionen vor, dass Hessen bis zum Jahr 2045 Netto-Treibhausgasneutralität und ab 2050 negative Treibhausgasemissionen erreicht. Maßnahmen zum Erreichen der Klimaschutzziele legt die Landesregierung im *Klimaplan Hessen* (HMUKLV 2023) fest, der seit 2023 die Anstrengungen weiterentwickelt, zu denen sich die hessische Landesregierung erstmals im März 2017 im *Integrierten Klimaschutzplan Hessen 2025* (HMUKLV 2017) verpflichtete.

Vor diesem Hintergrund ist es nicht nur von Interesse, wie sich die bundesdeutschen Treibhausgasemissionen entwickeln. Auch die Kenntnis der regionalen Veränderungen gibt wichtige Aufschlüsse über die Gesamtentwicklung des Emissionsgeschehens. Die Ergebnisse fließen nicht nur in die Bewertung der im *Klimaplan Hessen* festgelegten Ziele ein, sondern sind darüber hinaus auch Bestandteil des im Hessischen Klimagesetz verankerten Monitorings (siehe § 9 HKlimaG) zur Zielerreichung der gesetzlich festgeschriebenen Ziele (siehe § 3 HKlimaG).

# **1 Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen**

## **1.1 Methode der Bilanzierung energiebedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Das farb- und geruchlose Gas Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ist mit einer Konzentration von rund 0,04 % ein natürlicher Bestandteil der Luft. Es entsteht hauptsächlich bei der vollständigen Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Substanzen sowie im Organismus von Lebewesen bei der Zellatmung. Es ist das wichtigste klimarelevante Spurengas. Der Anstieg der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration durch die vom Menschen verursachten (anthropogenen) CO<sub>2</sub>-Emissionen verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt, was zur globalen Erwärmung beiträgt.

Hauptquelle für die klimawirksamen Emissionen ist die Verbrennung von fossilen Energieträgern – das sind Kohle, Erdöl, Erdgas und deren kohlenstoffhaltige Umwandlungsprodukte – zur Erzeugung von Nutzenergie (energiebedingte Emissionen). Laut nationaler Emissionsberichterstattung des Umweltbundesamts (UBA) machten 2023 die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger 83,5 % der klimawirksamen Emissionen in Deutschland aus (bezogen auf die Gesamtemissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten und ohne Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) (UBA 2025a).

Grundlage für die Berechnungen der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bildet die Energiebilanz des Landes, die das Hessische Statistische Landesamt im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum jährlich erstellt. Die Bilanzierung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Länder erfolgt nach einer im Länderarbeitskreis Energiebilanzen zwischen den beteiligten Ländern abgestimmten Methodik.

Genutzt werden spezifische, auf den Heizwert eines Energieträgers bezogene CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren, die nach Energieträgern und Einsatzbereichen differenziert durch das UBA zur Verfügung gestellt werden. Es werden die gleichen Emissionsfaktoren verwendet, die auch zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Rahmen der nationalen Emissionsberichterstattung dienen. Zur Berechnung herangezogen werden die in den Energiebilanzen ausgewiesenen Verbrauchsmengen, die mit den energieträgerbezogenen, spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren verknüpft werden. Die einheitliche Methode gewährleistet die unmittelbare Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen Bundes- und Landesebene sowie mit anderen Bundesländern.

In der Energiebilanz werden Aufkommen, Umwandlung und Verwendung von Energieträgern in der Volkswirtschaft oder in einem Wirtschaftsraum für einen bestimmten Zeitraum möglichst lückenlos und detailliert dargestellt. Sie enthält auch Aussagen über den nichtenergetischen Verbrauch ausgewählter Brennstoffe, der jedoch für die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung keine Rolle spielt. Zum Beispiel werden Energieträger wie Rohöl, Schweröl oder Erdgas in der chemischen Industrie als Rohstoff eingesetzt. Da sie dabei nicht in Energie umgewandelt werden, sondern vollständig in die Produkte eingehen, tragen sie nicht zum energiebedingten CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei. Diese „Rohstoffmengen“ werden deshalb nicht mit Emissionsfaktoren bewertet. Gleichwohl sind sie für die Energiebilanz als Verbrauch an Brennstoffen von Interesse. Biogene Energieträger, die in der Energiebilanz erfasst werden – wie Brennholz, Klärgas oder

Biotreibstoffe – gelten als CO<sub>2</sub>-neutral, da man davon ausgeht, dass biologisch bereits gebundenes CO<sub>2</sub> lediglich in den Naturkreislauf zurückgegeben wird. Dementsprechend gehen sie nicht emissionswirksam in die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung ein.

Die Emissionsberechnung erfolgt zunächst nach dem Quellenprinzip. Aus der Zeilengliederung der Energiebilanz werden nur diejenigen Bereiche einbezogen, in denen entweder ein emissionswirksamer Umwandlungseinsatz oder ein Endverbrauch von Energieträgern stattfinden. Dies ist der Fall bei Anlagen der Strom- und Wärmeerzeugung, beim Verbrauch in den Umwandlungsbereichen und in der Energiegewinnung, bei Fackelverlusten sowie in den drei Hauptbereichen des Endenergieverbrauchs. Die Emissionsdarstellung erfolgt jeweils in der sektoralen Gliederung der Energiebilanzen für

- Energieerzeugung/-umwandlung,
- Industrie (Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden sowie Verarbeitendes Gewerbe),
- Verkehr,
- Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher.

Die Abgrenzung des Industriesektors erfolgt nach der für die amtliche Statistik gültigen Systematik der Wirtschaftszweige. Für den Berechnungsstand dieses Berichts wurde die Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008), basierend auf der europäischen NACE, Revision 2, verwendet.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors werden nach der allgemeinen Methode der Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung des Länderarbeitskreises Energiebilanzen anhand der in den jeweiligen Regionen vertankten Kraftstoffmengen ermittelt. Um der exponierten Stellung des Frankfurter Flughafens gerecht zu werden, wird der internationale Luftverkehr bei der Untersuchung des hessischen Verkehrssektors nicht einbezogen. Nur auf diese Weise sind Vergleiche mit Deutschland möglich, da die aus der nationalen Inventarberichterstattung übernommenen Werte den internationalen Teil des Luftverkehrs ebenfalls nicht berücksichtigen. Die Emissionen des gesamten dem Land Hessen zugerechneten Luftverkehrs werden analog zu den vom UBA verwendeten Prozentanteilen in einen „nationalen“ und einen „internationalen“ Anteil aufgeteilt.

Diese Aufteilung erfolgte für Deutschland bis einschließlich NIR 2008 mit einem konstanten Wert für den nationalen Anteil von 20 %. Für Hessen wurde dieser Wert bis einschließlich der Treibhausgasbilanz 2005 ebenfalls verwendet. Seitdem werden die nationalen Anteilswerte auf der Basis von Flugbewegungen ermittelt. Die so für Deutschland ermittelten Anteile lagen bei Kerosin durchweg unter 20 %. Sie sanken von 15,3 % im Jahr 1990 auf 3,6 % in den Jahren 2022 und 2023 (UBA 2025b).

Im vorliegenden Bericht wurden landesspezifische Anteilswerte aus Berechnungen des Arbeitskreises Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (AK UGRdL) verwendet, die die durch das UBA vorgenommene Neubewertung der Aufteilung des Luftverkehrs am aktuellen Rand berücksichtigen. Für 2023 wird für den Luftverkehr in Hessen ein nationaler Anteilswert von 2,6 % verwendet. Die Verwendung der

revidierten Anteile für den nationalen Luftverkehr ist konsistent mit dem Vorgehen des Länderarbeitskreises Energiebilanzen. Die Emissionen des internationalen Luftverkehrs werden, wie für Deutschland üblich, nur nachrichtlich ausgewiesen.

Bei der zunächst berichteten Quellenbilanz handelt es sich um eine auf den Primärenergieverbrauch eines Landes bezogene Darstellung der Emissionen, unterteilt nach den Emissionsquellen Umwandlungsbereich und Endenergieverbrauch. Dabei bleiben Emissionen, die bei der Erzeugung von importierten Strommengen im Ausland oder in anderen Bundesländern entstehen, unberücksichtigt. Dagegen werden die Emissionen, die auf die Erzeugung des ausgeführten Stroms zurückzuführen sind, in vollem Umfang ausgewiesen. Die tatsächlichen Emissionen können also in der Quellenbilanz nicht dargestellt werden: Die durch hessische Stromverbraucher verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden tendenziell unterschätzt, da der Strombedarf in Hessen die Erzeugung auf dem Landesgebiet übertrifft.

Während die Quellenbilanz also Aussagen über die Gesamtmenge des im Land emittierten CO<sub>2</sub> ermöglicht, sind wegen des Stromaustauschs keine direkten Rückschlüsse auf das Verbrauchsverhalten der Endenergieverbraucher und den dadurch verursachten Beitrag zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Landes möglich. Erst bei der Verursacherbilanz (siehe Abschnitt 1.5) werden die Emissionen auf den Endenergieverbrauch des Landes bezogen. Im Unterschied zur Quellenbilanz werden die Emissionen des Umwandlungsbereichs nicht als solche ausgewiesen, sondern nach dem Verursacherprinzip den sie verursachenden Endverbrauchssektoren zugeordnet.

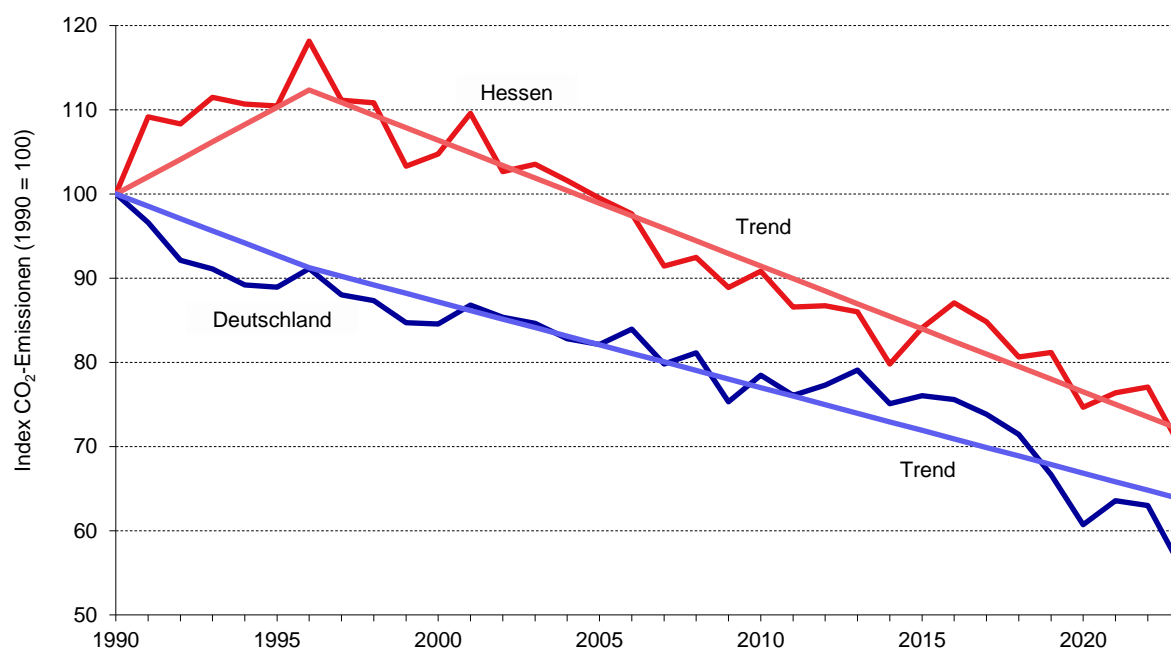
Bei Strom wird die dem Endverbrauch zuzurechnende Emissionsmenge auf Grundlage des Brennstoffverbrauchs aller Stromerzeugungsanlagen auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland angerechnet. Der hierzu benötigte Faktor (Generalfaktor) ergibt sich als Quotient der Summe der Emissionen aller deutschen Stromerzeugungsanlagen, soweit sie für den inländischen Verbrauch produzieren, und der Summe des inländischen Stromendverbrauchs. Stromeinfuhren werden dabei unter Anlehnung an die Substitutionstheorie so bewertet, als wären sie in inländischen Stromerzeugungsanlagen der allgemeinen Versorgung erzeugt worden. Aufgrund dieser teilweise modellhaften Berechnungsmethode ist ein direkter Zusammenhang mit den tatsächlich in einem Land angefallenen Emissionen, die in der Quellenbilanz dargestellt werden, nicht gegeben.

## **1.2 Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen (Quellenbilanz) im Überblick**

Im Jahr 2023 wurden in Hessen energiebedingt – ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs – insgesamt 29,7 Mio. t CO<sub>2</sub> emittiert. Dies entspricht einem Rückgang von 3,0 Mio. t CO<sub>2</sub> bzw. 9,1 % gegenüber dem Vorjahr. Damit erreichten die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen einen neuen Tiefstand und lagen 2,0 Mio. t bzw. 6,2 % unter dem zuvor niedrigsten Stand im Jahr 2020 (31,7 Mio. t CO<sub>2</sub>). Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß war 2023 um 12,7 Mio. t CO<sub>2</sub> bzw. 30,0 % niedriger als das Niveau des Basisjahres 1990.

Die Entwicklung der energiebedingten hessischen CO<sub>2</sub>-Emissionen verlief seit 1990 in zwei Phasen (Abbildung 1). In den ersten sechs Jahren des Betrachtungszeitraums wuchsen sie beträchtlich an und erreichten im Jahr 1996 mit insgesamt 50,2 Mio. t CO<sub>2</sub> ihren absoluten Höchstwert. Sie lagen damit um 18,2 % über den Emissionen des Basisjahres. Seitdem kam es, mit einigen Schwankungen, zu einer erkennbaren Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Im Vergleich zum Jahr 1996 gingen die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen 2023 um 20,4 Mio. t bzw. 40,7 % zurück.

**Abbildung 1 Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2023**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Umweltbundesamt, NID 2025; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; hessischer Wert für 2023 vorläufig; jeweils linearer Trend vor bzw. nach 1996 abgebildet.

In Deutschland wurden im Jahr 2023 energiebedingt insgesamt 554,5 Mio. t CO<sub>2</sub> emittiert. Das waren 11,2 % weniger als im Vorjahr und 44,1 % weniger als im Basisjahr 1990. Im Gegensatz zu Hessen wurde auf Bundesebene bereits in der ersten Hälfte der neunziger Jahre eine deutliche Emissionsreduktion erreicht: Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen waren 1995 um 11,1 % niedriger als 1990. Zurückzuführen ist dies zu großen Teilen auf die überdurchschnittliche Verminderung der Emissionen in Ostdeutschland, hervorgerufen durch den wirtschaftlichen Strukturwandel nach der Wiedervereinigung.

Die gesamten hessischen Emissionen nahmen 2023 im Vergleich zum Vorjahr merklich ab. Bei der Betrachtung der einzelnen Emissionssektoren wird allerdings ein deutlicher Unterschied erkennbar. Tabelle 1 und Abbildung 2 zeigen die absolute Höhe und die Entwicklung des energiebedingten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in den Emissionssektoren.

Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des hessischen Energiesektors (Energieerzeugung/-umwandlung) lag 2023 bei 5,4 Mio. t CO<sub>2</sub>. Im Vergleich zum Vorjahr 2022 nahmen die Emissionen



um 1,9 Mio. t CO<sub>2</sub> bzw. 26,1 % ab. Damit wurden die Emissionen des bisherigen, durch die Corona-Pandemie verursachten, Tiefststandes aus dem Jahr 2020 unterschritten. Die Emissionen des Sektors lagen 1,5 Mio. t CO<sub>2</sub> bzw. 21,6 % unter dem Emissionsniveau im Basisjahr 1990.

**Tabelle 1 Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2023 nach Sektoren**

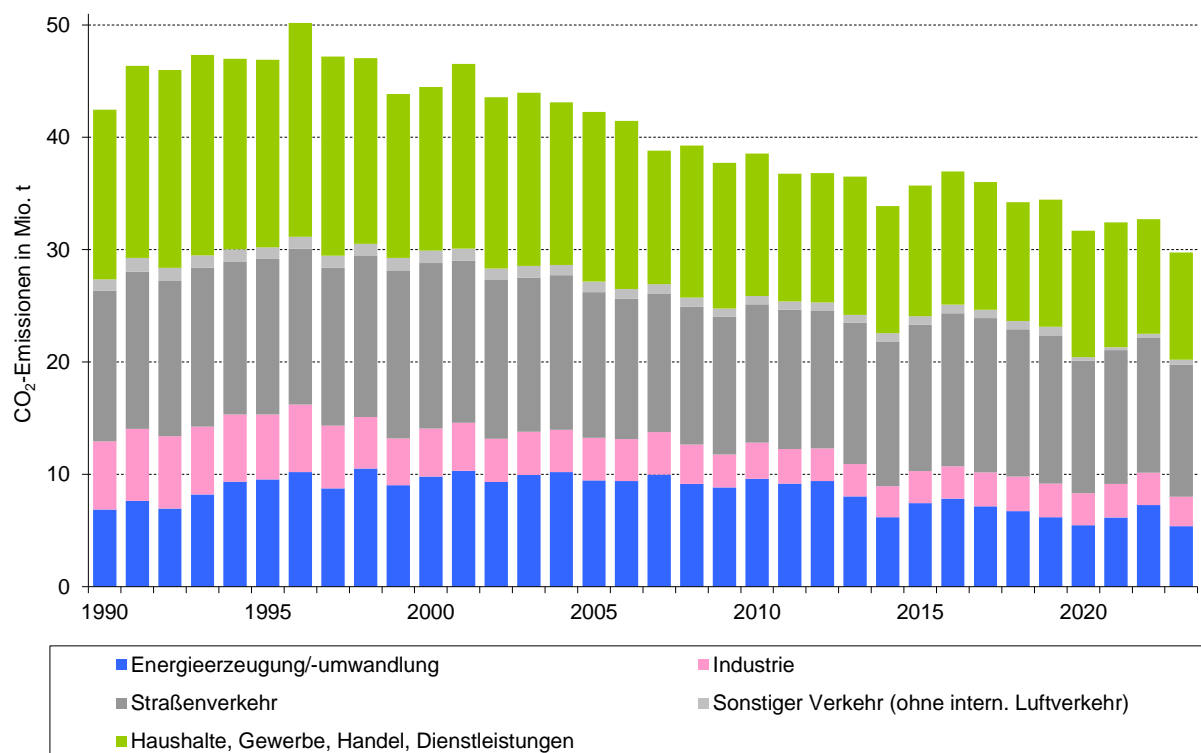
| Emissionssektor  | 1990        | 2000        | 2005        | 2010        | 2015        | 2020        | 2022        | 2023 <sup>1)</sup> |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|
| CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mio. t  |             |             |             |             |             |             |             |                    |
| Energieerzeugung/-umwandlung   | 6,9         | 9,8         | 9,5         | 9,6         | 7,4         | 5,5         | 7,3         | 5,4                |
| Industrie  | 6,1         | 4,3         | 3,8         | 3,2         | 2,8         | 2,8         | 2,9         | 2,6                |
| Verkehr  | 14,4        | 15,8        | 13,9        | 13,1        | 13,8        | 12,1        | 12,4        | 12,2               |
| Schienenverkehr  | 0,1         | 0,1         | 0,1         | 0,1         | 0,1         | 0,0         | 0,1         | 0,0                |
| Straßenverkehr   | 13,4        | 14,7        | 13,0        | 12,3        | 13,0        | 11,8        | 12,0        | 11,8               |
| Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>   | 0,7         | 0,9         | 0,8         | 0,6         | 0,7         | 0,2         | 0,3         | 0,3                |
| Binnenschifffahrt  | 0,2         | 0,1         | 0,1         | 0,1         | 0,1         | 0,0         | 0,1         | 0,0                |
| Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>   | 15,1        | 14,6        | 15,1        | 12,7        | 11,6        | 11,3        | 10,2        | 9,5                |
| <b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4)</sup></b>   | <b>42,5</b> | <b>44,5</b> | <b>42,3</b> | <b>38,6</b> | <b>35,7</b> | <b>31,7</b> | <b>32,7</b> | <b>29,7</b>        |
| <i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i>   | <i>7,9</i>  | <i>11,7</i> | <i>12,3</i> | <i>11,9</i> | <i>13,4</i> | <i>6,7</i>  | <i>11,0</i> | <i>12,3</i>        |
| Struktur der CO <sub>2</sub> -Emissionen in %  |             |             |             |             |             |             |             |                    |
| Energieerzeugung/-umwandlung   | 16,2        | 22,0        | 22,4        | 24,9        | 20,8        | 17,3        | 22,2        | 18,1               |
| Industrie  | 14,3        | 9,6         | 9,0         | 8,4         | 8,0         | 9,0         | 8,7         | 8,8                |
| Verkehr  | 34,0        | 35,6        | 32,9        | 33,9        | 38,6        | 38,2        | 37,8        | 41,0               |
| Schienenverkehr  | 0,3         | 0,2         | 0,1         | 0,1         | 0,2         | 0,2         | 0,2         | 0,2                |
| Straßenverkehr   | 31,6        | 33,1        | 30,7        | 32,0        | 36,5        | 37,2        | 36,7        | 39,5               |
| Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>   | 1,7         | 2,1         | 1,9         | 1,6         | 1,8         | 0,7         | 0,8         | 1,1                |
| Binnenschifffahrt  | 0,4         | 0,2         | 0,2         | 0,2         | 0,2         | 0,2         | 0,2         | 0,2                |
| Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>   | 35,5        | 32,7        | 35,7        | 32,9        | 32,6        | 35,5        | 31,2        | 32,1               |
| <b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4)</sup></b>   | <b>100</b>  | <b>100</b>  | <b>100</b>  | <b>100</b>  | <b>100</b>  | <b>100</b>  | <b>100</b>  | <b>100</b>         |
| <i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i>   | <i>x</i>    | <i>x</i>    | <i>x</i>    | <i>x</i>    | <i>x</i>    | <i>x</i>    | <i>x</i>    | <i>x</i>           |
| Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen (1990 = 100)   |             |             |             |             |             |             |             |                    |
| Energieerzeugung/-umwandlung   | 100         | 143         | 138         | 140         | 108         | 80          | 106         | 78                 |
| Industrie  | 100         | 71          | 63          | 53          | 47          | 47          | 47          | 43                 |
| Verkehr  | 100         | 110         | 96          | 91          | 96          | 84          | 86          | 84                 |
| Schienenverkehr  | 100         | 73          | 53          | 45          | 47          | 43          | 44          | 42                 |
| Straßenverkehr   | 100         | 110         | 96          | 92          | 97          | 88          | 89          | 88                 |
| Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>   | 100         | 131         | 112         | 87          | 93          | 31          | 37          | 46                 |
| Binnenschifffahrt  | 100         | 44          | 49          | 37          | 28          | 26          | 26          | 25                 |
| Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>   | 100         | 96          | 100         | 84          | 77          | 75          | 68          | 63                 |
| <b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4)</sup></b>   | <b>100</b>  | <b>105</b>  | <b>100</b>  | <b>91</b>   | <b>84</b>   | <b>75</b>   | <b>77</b>   | <b>70</b>          |
| <i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i>   | <i>100</i>  | <i>149</i>  | <i>156</i>  | <i>151</i>  | <i>170</i>  | <i>85</i>   | <i>141</i>  | <i>157</i>         |
| 1) Vorläufige Werte. – 2) Nur inländischer Luftverkehr. – 3) Einschließlich militärischer Dienststellen. – 4) Ohne nichtenergetischen Verbrauch und ohne internationalen Luftverkehr. – 5) Internationaler Anteil am gesamten zivilen Luftverkehr. |             |             |             |             |             |             |             |                    |

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Der Emissionsrückgang im Energiesektor in den Jahren bis 2021 auf 32,7 Mio. t ist auf eine Verschiebung des Umwandlungseinsatzes zu weniger emissionsintensiven bzw.

emissionsneutralen Energieträgern zurückzuführen. Aufgrund der Kombination von niedrigen Gaspreisen und gestiegenen CO<sub>2</sub>-Preisen wurde Gas im Vergleich zu Kohle attraktiver (UBA 2025b), bis 2022 die Verfügbarkeit von Erdgas infolge des Kriegsausbruchs in der Ukraine vorübergehend stark eingeschränkt wurde. Daraufhin wurde der Einsatz von Stein- und Braunkohle in den hessischen Kraftwerken vorübergehend stark erhöht, nachdem er viele Jahre lang kontinuierlich zurückgegangen war. So folgten zwei außergewöhnliche Jahre kurz nacheinander: 2020 wurden aufgrund der globalen Corona-Pandemie, den Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie und der daraus folgenden gesellschaftlichen Einschränkungen insgesamt weniger Emissionen ausgestoßen. 2022 führte eine gesteigerte Kohle-Nutzung zu höheren Emissionen, als im Bundesgebiet einerseits die nuklearen Stromerzeugungskapazitäten halbiert wurden, während andererseits weniger Erdgas zur Verfügung stand und die Nutzung erneuerbarer Energieträger die Differenz nicht auffangen konnte. Nach der weitgehenden Normalisierung der Energiemärkte kehrte der Anteil des Energiesektors an den gesamten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen zum längerfristigen Trend zurück. Er nahm 2023 im Vergleich zum Vorjahr um 4,1 Prozentpunkte auf 18,1 % ab. 1990 hatte der sektorale Anteil aufgrund höherer Gesamtemissionen bei 16,2 % gelegen.

**Abbildung 2 Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2023 nach Sektoren**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; vorläufige Werte für 2023.

Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Verkehrssektors betrug 2023 in Hessen 12,2 Mio. t. Damit blieben die Emissionen des Verkehrssektors nahezu auf gleichem Niveau wie im Vorjahr (12,4 Mio. t CO<sub>2</sub>). Nach ihrem Höchststand von 16,1 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 1999

gingen die Verkehrsemissionen für zehn Jahre deutlich zurück. Von 2013 bis 2017 stiegen sie jedoch kontinuierlich und erreichten wieder das Niveau des Basisjahres. 2020 erreichten sie mit 12,1 Mio. t CO<sub>2</sub> den niedrigsten Wert im betrachteten Zeitraum. 2023 lagen sie 2,3 Mio. t CO<sub>2</sub> bzw. 15,6 % unter dem Emissionsniveau von 1990.

Maßgeblich im Verkehrssektor sind die Emissionen des Straßenverkehrs, der für 96,5 % der Emissionen des Sektors verantwortlich ist: Gegenüber 2022 sank dessen CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 250 000 t bzw. 2,1 %.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des internationalen Luftverkehrs, die per Konvention nur nachrichtlich ausgewiesen werden, stiegen von 11,0 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2022 auf 12,3 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2023 an. Damit lagen sie im Vergleich zum Vorjahr um 1,3 Mio. t CO<sub>2</sub> bzw. 11,7 % höher. Gegenüber 1990 bedeutete dies eine Zunahme um 4,5 Mio. t CO<sub>2</sub> bzw. 57,0 %. Ursächlich ist ein Wiederaufleben des internationalen Flugverkehrs, nachdem er im Jahr 2020 wegen Reisebeschränkungen und Einreiseverboten im Zusammenhang mit der Corona-Pandemie eingebrochen war. Der durch den internationalen Luftverkehr verursachte CO<sub>2</sub>-Ausstoß hatte 2020 mit 6,7 Mio. t CO<sub>2</sub> weniger als die Hälfte des Niveaus von vor der Corona-Pandemie im Jahr 2019 (14,0 Mio. t CO<sub>2</sub>) betragen. Im Jahr 2023 lag er weiterhin deutlich darunter.

Der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ verzeichnete 2023 nach dem Energiesektor den zweithöchsten Emissionsrückgang gegenüber dem Vorjahr. Mit insgesamt 9,5 Mio. t CO<sub>2</sub> wurden 680 000 t CO<sub>2</sub> bzw. 6,6 % weniger CO<sub>2</sub> ausgestoßen als 2022 und die niedrigste Emissionsmenge im betrachteten Zeitraum erreicht. Innerhalb dieses Sektors wirkten sich einzelne Effekte unterschiedlich aus. Im Jahr 2023 herrschte eine mildere Witterung als im Vorjahr, weshalb der Energiebedarf und entsprechend die Emissionen abnahmen. Laut der Messstation des Deutschen Wetterdienstes am Frankfurter Flughafen hatte es 2022 insgesamt 224 Heizztage gegeben, während es 2023 nur 221 waren. Der energiebedingte CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Sektors wird hauptsächlich durch den Einsatz von Heizöl und Erdgas zu Heizzwecken verursacht und ist deshalb stärker witterungsabhängig als in anderen Sektoren. Außerdem wirken sich kurzfristige Preisentwicklungen aus: Da die Einfuhr von Erdgas aus Russland im Jahr 2022 vollständig gestoppt worden war und alternative Bezugswege erst allmählich zur Verfügung gestanden hatten, waren – ausgehend von Erdgas – die Energiepreise vorübergehend dramatisch angestiegen. 2023 ließen diese Anreize für Verbraucherinnen und Verbraucher, ihren Verbrauch einzuschränken, wieder nach. Allerdings trug die gestiegene Nutzung von Wärmepumpen und erneuerbaren Energien zu einem dauerhaften Rückgang der Emissionen in diesem Sektor bei.

Gegenüber 1990 reduzierte sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Sektors um 5,6 Mio. t bzw. 36,8 %. Effektivere Heizungssysteme kombiniert mit der verstärkten Nutzung CO<sub>2</sub>-neutraler bzw. emissionsfreier erneuerbarer Energieträger, wie Holz, Solarthermie oder Erdwärme sowie eine höhere Fernwärmeversorgung verringerten die Emissionen dauerhaft. Der sektorale Anteil an den gesamten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen lag 2023 bei 32,1 %.

Die hessische Industrie emittierte 2023 mit 2,6 Mio. t CO<sub>2</sub> 230 000 t CO<sub>2</sub> bzw. 7,9 % weniger als 2022. Tabelle 2 zeigt, dass sich die Emissionen auf eine geringe Anzahl von Wirtschaftszweigen konzentrierten: Spitzenreiter waren die Wirtschaftszweige

„Chemische Industrie/Pharmazie“ mit 730 000 t CO<sub>2</sub> (27,8 % der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie), „Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“ mit 400 000 t (Anteil: 15,1 %) und „Herstellung von Nichteisen-Metallen und Gießerei-Erzeugnissen“ mit 300 000 t (Anteil: 11,3 %). Das Ernährungs- und Tabakgewerbe erreichte mit 280 000 t CO<sub>2</sub> einen Anteil von 10,6 %, weitere 240 000 t (9,2 %) trug das Papiergewerbe bei.

Zusammen waren diese fünf Wirtschaftszweige für 74,0 % der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der hessischen Industrie verantwortlich. Die Emissionsanteile der einzelnen Wirtschaftszweige veränderten sich 2023 im Vergleich zum Vorjahr nur geringfügig. Die Rangfolge der fünf aus Emissionssicht gewichtigsten Wirtschaftszweige blieb unverändert. Gegenüber 1990 reduzierte der gesamte Industriesektor seinen CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 3,4 Mio. t, womit er ihn mehr als halbierte.

**Tabelle 2      Struktur der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie in Hessen im Jahr 2023**

| Industriezweige  | CO <sub>2</sub> -Emissionen | Sektorstruktur |             |
|--|-----------------------------|----------------|-------------|
|  | 1 000 t                     | %              | %-kumuliert |
| Chemische Industrie, Pharmazie                           | 731                         | 27,8           | 27,8        |
| Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden | 397                         | 15,1           | 42,8        |
| Nichteisen-Metalle, Gießereiindustrie                    | 297                         | 11,3           | 54,1        |
| Ernährungs- und Tabakgewerbe                             | 279                         | 10,6           | 64,7        |
| Papiergewerbe  | 243                         | 9,2            | 74,0        |
| Fahrzeugbau  | 157                         | 6,0            | 80,0        |
| Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren               | 134                         | 5,1            | 85,1        |
| Herstellung von Metallerzeugnissen                       | 95                          | 3,6            | 88,7        |
| Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen       | 95                          | 3,6            | 92,3        |
| Maschinenbau   | 61                          | 2,3            | 94,6        |
| Herstellung von elektrischen Ausrüstungen                | 30                          | 1,1            | 95,7        |
| Sonstige Wirtschaftszweige                               | 113                         | 4,3            | 100         |
| <b>Industrie insgesamt</b>                               | <b>2 631</b>                | <b>100</b>     |             |

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; vorläufige Werte.

Zusammenfassend ergibt sich bei Betrachtung der verschiedenen Emissionssektoren ein heterogenes Bild. Der Verkehrssektor hatte 2023 mit 41,0 % weiterhin den größten Anteil an den CO<sub>2</sub>-Emissionen. Gegenüber dem Basisjahr 1990 leistete dieser Sektor allerdings einen unterdurchschnittlichen Beitrag zur Emissionsminderung. Die bis 2012 erreichte Emissionssenkung war bis 2017 wieder ausgeglichen worden. Infolgedessen entspricht der bis 2023 insgesamt erreichte Rückgang der Minderung, die im Zuge der Corona-Pandemie auftrat. Der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ mit einem Anteil von zuletzt 32,1 % an den CO<sub>2</sub>-Emissionen trug mit einer Reduktion um 5,6 Mio. t langfristig den größten absoluten Minderungsbeitrag. Die Emissionsentwicklung ist jedoch von witterungsbedingten Schwankungen beeinflusst. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des hessischen Energiesektors reduzierte sich in den letzten Jahren vor allem aufgrund eines geringeren Einsatzes von Steinkohle. Eine

Ausnahme war der oben erläuterte einmalige Sondereinfluss im Jahr 2022. Die hessische Industrie konnte ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß gegenüber 1990 prozentual mit 56,6 % am deutlichsten reduzieren. Vor dem Hintergrund der allgemeinen konjunkturellen Entwicklung sanken ihre Emissionen erstmals signifikant unter das Niveau von 3,0 Mio. t CO<sub>2</sub>, wenngleich ihr Anteil mit 8,8 % gleich hoch wie im Vorjahr war.

Die sektorale Struktur der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen hat sich seit 1990 teilweise verändert. Dies ist unter anderem eine Folge der Entwicklungen in der Wirtschaftsstruktur (siehe Anhang). Der nachfolgende Abschnitt geht auf die Unterschiede der Emissionsanteile einzelner Sektoren zwischen Hessen und Deutschland ein.

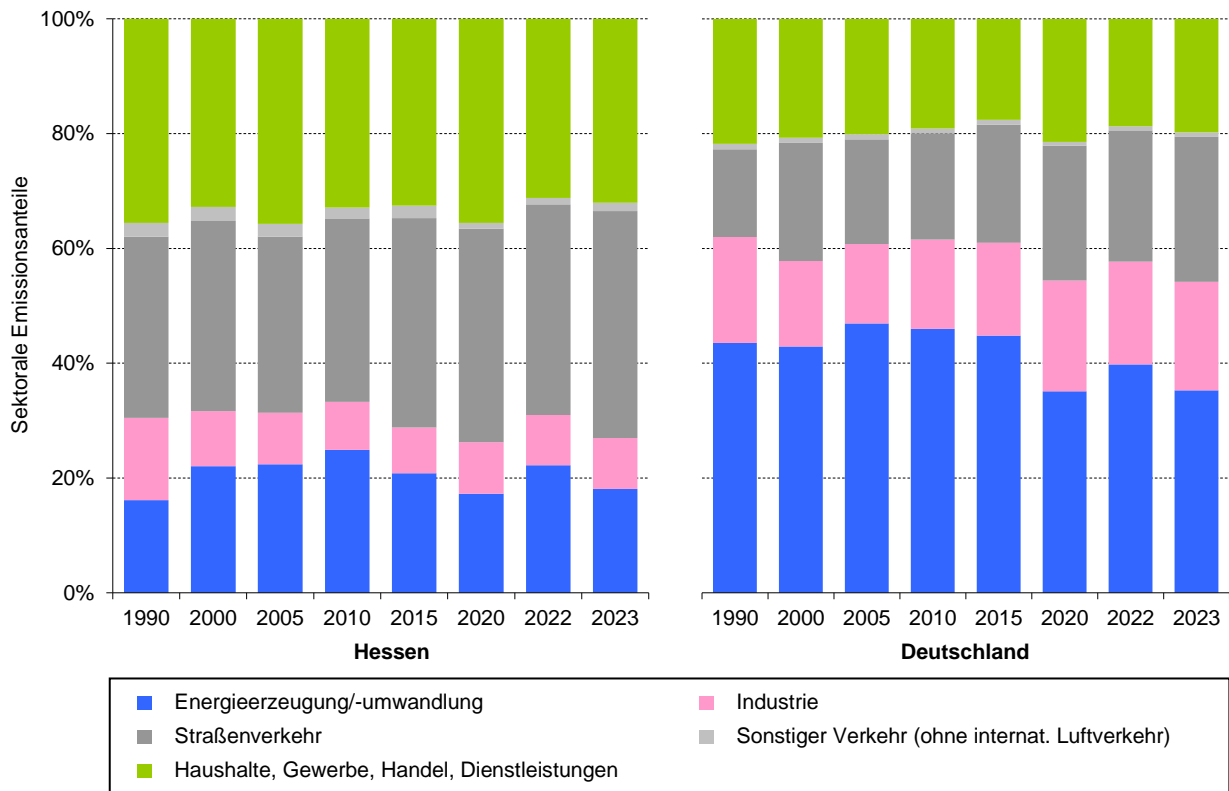
### **1.3 Sektoraler Vergleich der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen (Quellenbilanz) zwischen Hessen und Deutschland**

Vergleicht man die sektorale Struktur der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und Deutschland, werden deutliche Unterschiede sichtbar (Abbildung 3). In Deutschland dominiert der Energiesektor mit 35,3 %. Demgegenüber war die bedeutendste Quelle für die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen im Jahr 2023 der Verkehrssektor mit einem Anteil von 41,0 %, gefolgt vom Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ mit 32,1 %. Die sektoralen Verschiebungen der Emissionsanteile seit 1990 entwickeln sich in Hessen und Gesamtdeutschland teilweise ähnlich: Zugenommen hat etwa übergreifend der Beitrag des Verkehrs, während der Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ langfristig leicht gesunken ist. Besonders ausgeprägt sind die Differenzen im Energiesektor, der im Jahr 2023 in Deutschland mit 35,3 % einen fast doppelt so hohen Anteil an den energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen besaß wie in Hessen (18,1 %). Im Vergleich zum Basisjahr 1990 sanken die Anteile des Sektors 2023 in Deutschland um 8,3 Prozentpunkte, während sie in Hessen um 1,9 Prozentpunkte zunahmen.

Es sollte jedoch berücksichtigt werden, dass große Mengen des in Hessen verbrauchten Stroms aus anderen Bundesländern bezogen werden (2023 insgesamt 52,3 % des hessischen Bruttostromverbrauchs). Die Emissionen aus der Erzeugung dieser Strommengen werden nach der hier verwendeten Quellenbilanzierung nicht in Hessen angerechnet. Der Fernwärmeverbrauch in den verschiedenen Sektoren und die dadurch anfallenden CO<sub>2</sub>-Emissionen werden in der Quellenbilanz dem Energiesektor zugerechnet. In der Verursacherbilanz (Abschnitt 1.5) werden die Emissionen aus importiertem Strom sowie aus Fernwärme auf die Endverbraucher in Hessen bezogen.

Der Emissionsanteil des hessischen Verkehrssektors fällt dagegen wesentlich höher aus als im Bundesgebiet: In Hessen lag beispielsweise der Anteil der Emissionen aus dem Straßenverkehr im Jahr 2023 bei 39,5 % aller energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen, in Deutschland waren es nur 25,3 %. Die Emissionsanteile des Straßenverkehrs sind sowohl in Hessen (7,9 Prozentpunkte) als auch in Deutschland (10,0 Prozentpunkte) seit 1990 gestiegen.

**Abbildung 3    Sektorale Struktur der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2023**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Umweltbundesamt, NID 2025; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; hessische Werte für 2023 vorläufig.

Zusätzlich spielen der nationale wie auch der internationale Luftverkehr für Hessen eine besondere Rolle: 43,0 % aller Luftverkehrsemissionen Deutschlands fielen 2023 in Hessen an (Tabelle 3). Der Anteil des nationalen Luftverkehrs an den energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen war in Hessen 2023 mit 1,1 % fast sechsmal so hoch wie in Deutschland (0,2 %).<sup>1</sup>

Der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ besaß 2023 in Hessen mit 32,1 % den zweithöchsten Anteil der Emissionssektoren, während sein Anteil auf Bundesebene nur 19,8 % betrug. Diese Differenz ist vermutlich auf den in Hessen starken Dienstleistungssektor bzw. auf den Handel und sonstiges Kleingewerbe zurückzuführen (siehe Beschäftigungsstruktur und Bruttowertschöpfung der einzelnen Wirtschaftszweige im Anhang).

<sup>1</sup> Der Anteil des internationalen Luftverkehrs an den Gesamtemissionen kann nicht angegeben werden, da er nicht in die Summe der CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen eingeht. Die Gesamtemissionen werden gemäß internationaler Konvention sowohl für Deutschland als auch für Hessen stets um den Beitrag des internationalen Luftverkehrs bereinigt ausgewiesen.

**Tabelle 3 Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2023**

| Emissionssektor  | 1990         | 2000         | 2005         | 2010         | 2015         | 2020         | 2022         | 2023 <sup>1)</sup> |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mio. t                          |              |              |              |              |              |              |              |                    |
| Hessen   |              |              |              |              |              |              |              |                    |
| Energieerzeugung/-umwandlung                                   | 6,9          | 9,8          | 9,5          | 9,6          | 7,4          | 5,5          | 7,3          | 5,4                |
| Industrie  | 6,1          | 4,3          | 3,8          | 3,2          | 2,8          | 2,8          | 2,9          | 2,6                |
| Verkehr  | 14,4         | 15,8         | 13,9         | 13,1         | 13,8         | 12,1         | 12,4         | 12,2               |
| Schienenverkehr  | 0,1          | 0,1          | 0,1          | 0,1          | 0,1          | 0,0          | 0,1          | 0,0                |
| Straßenverkehr   | 13,4         | 14,7         | 13,0         | 12,3         | 13,0         | 11,8         | 12,0         | 11,8               |
| Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>                           | 0,7          | 0,9          | 0,8          | 0,6          | 0,7          | 0,2          | 0,3          | 0,3                |
| Binnenschifffahrt  | 0,2          | 0,1          | 0,1          | 0,1          | 0,1          | 0,0          | 0,1          | 0,0                |
| Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>     | 15,1         | 14,6         | 15,1         | 12,7         | 11,6         | 11,3         | 10,2         | 9,5                |
| <b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4)</sup></b>       | <b>42,5</b>  | <b>44,5</b>  | <b>42,3</b>  | <b>38,6</b>  | <b>35,7</b>  | <b>31,7</b>  | <b>32,7</b>  | <b>29,7</b>        |
| <i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i> | <i>7,9</i>   | <i>11,7</i>  | <i>12,3</i>  | <i>11,9</i>  | <i>13,4</i>  | <i>6,7</i>   | <i>11,0</i>  | <i>12,3</i>        |
| Deutschland  |              |              |              |              |              |              |              |                    |
| Energieerzeugung/-umwandlung <sup>6)</sup>                     | 431,8        | 360,1        | 382,5        | 357,9        | 337,9        | 211,4        | 248,8        | 195,6              |
| Industrie  | 183,0        | 124,9        | 112,7        | 121,2        | 122,1        | 116,2        | 111,6        | 104,9              |
| Verkehr <sup>7)</sup>  | 161,4        | 180,0        | 155,9        | 150,4        | 161,5        | 145,5        | 147,4        | 144,5              |
| Schienenverkehr  | 3,1          | 1,9          | 1,4          | 1,1          | 1,0          | 0,8          | 0,8          | 0,8                |
| Straßenverkehr   | 151,9        | 172,5        | 148,6        | 144,0        | 155,3        | 141,3        | 142,9        | 140,3              |
| Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>                           | 2,3          | 2,5          | 2,3          | 2,2          | 2,1          | 0,9          | 1,0          | 1,1                |
| Binnenschifffahrt  | 3,0          | 1,6          | 2,1          | 1,9          | 1,9          | 1,7          | 1,3          | 1,4                |
| Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>     | 215,8        | 173,8        | 163,7        | 148,8        | 132,8        | 129,0        | 117,0        | 109,6              |
| <b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4) 6)</sup></b>    | <b>992,0</b> | <b>838,9</b> | <b>814,7</b> | <b>778,3</b> | <b>754,2</b> | <b>602,2</b> | <b>624,7</b> | <b>554,5</b>       |
| <i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i> | <i>12,0</i>  | <i>19,4</i>  | <i>23,0</i>  | <i>24,3</i>  | <i>24,5</i>  | <i>13,7</i>  | <i>27,2</i>  | <i>28,4</i>        |
| Hessen in % von Deutschland                                    |              |              |              |              |              |              |              |                    |
| Energieerzeugung/-umwandlung <sup>6)</sup>                     | 1,6          | 2,7          | 2,5          | 2,7          | 2,2          | 2,6          | 2,9          | 2,8                |
| Industrie  | 3,3          | 3,4          | 3,4          | 2,7          | 2,3          | 2,4          | 2,6          | 2,5                |
| Verkehr <sup>7)</sup>  | 8,9          | 8,8          | 8,9          | 8,7          | 8,5          | 8,3          | 8,4          | 8,4                |
| Schienenverkehr  | 3,6          | 4,3          | 4,2          | 4,5          | 5,2          | 5,9          | 6,2          | 6,2                |
| Straßenverkehr   | 8,8          | 8,5          | 8,7          | 8,6          | 8,4          | 8,4          | 8,4          | 8,4                |
| Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>                           | 30,8         | 37,7         | 35,4         | 27,7         | 32,0         | 24,3         | 25,4         | 30,5               |
| Binnenschifffahrt  | 6,3          | 5,1          | 4,3          | 3,6          | 2,9          | 2,9          | 3,7          | 3,5                |
| Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>     | 7,0          | 8,4          | 9,2          | 8,5          | 8,8          | 8,7          | 8,7          | 8,7                |
| <b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4) 6)</sup></b>    | <b>4,3</b>   | <b>5,3</b>   | <b>5,2</b>   | <b>5,0</b>   | <b>4,7</b>   | <b>5,3</b>   | <b>5,2</b>   | <b>5,4</b>         |
| <i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i> | <i>65,3</i>  | <i>60,2</i>  | <i>53,5</i>  | <i>48,9</i>  | <i>54,6</i>  | <i>48,5</i>  | <i>40,6</i>  | <i>43,5</i>        |

1) Für Hessen vorläufige Werte. – 2) Nur inländischer Luftverkehr. – 3) Einschließlich militärischer Dienststellen. – 4) Ohne nichtenergetischen Verbrauch und ohne internationalen Luftverkehr. – 5) Internationaler Anteil am gesamten zivilen Luftverkehr. – 6) Für Deutschland einschließlich diffuser Emissionen aus Brennstoffen. – 7) Für Deutschland einschließlich anderer Verkehr lt. Nationalem Inventarbericht.

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Umweltbundesamt, NID 2025; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Der Emissionsanteil der Industrie war 2023 in Hessen mit 8,8 % nur fast halb so hoch wie in Deutschland (18,9 %). Im Vergleich zu 1990 reduzierte sich der Emissionsanteil des Sektors in Hessen um 5,4 Prozentpunkte, auf Bundesebene nahm der Anteil um 0,5 Prozentpunkte zu. Diese Unterschiede sind auch auf verschiedene

Wirtschaftsstrukturen in Hessen und Deutschland zurückzuführen. Dies sollte ebenso bei der Bewertung der nachfolgend berichteten Indikatoren berücksichtigt werden.

#### **1.4 Indikatoren zu den energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen (Quellenbilanz)**

Indikatoren spielen in der Klimaschutzpolitischen Diskussion sowie im Rahmen des Leitbildes einer nachhaltigen Entwicklung eine wichtige Rolle. So lassen sich durch die Verknüpfung der CO<sub>2</sub>-Emissionen mit geeigneten Bezugsgrößen energiewirtschaftliche und klimapolitische Zusammenhänge besser beurteilen.

Tabelle 4 zeigt die Entwicklung dieser spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und Deutschland. Bezieht man die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf die Bevölkerungsanzahl, werden Unterschiede zwischen Hessen und Deutschland deutlich. Die Entwicklung verläuft nicht einheitlich, und die hessischen Pro-Kopf-Emissionen liegen über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg deutlich unter denen auf Bundesebene.

In Hessen erreichten die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf im Jahr 1996 mit 8,4 t CO<sub>2</sub> ihren Höchststand. Seitdem nahmen sie kontinuierlich ab. 2023 lagen sie bei 4,6 t CO<sub>2</sub> je Einwohnerin bzw. Einwohner und damit 37,5 % unter dem Niveau des Basisjahres. Auf Bundesebene wiederum sanken die Pro-Kopf-Emissionen kontinuierlich mit leichten Schwankungen von 12,5 t CO<sub>2</sub> im Jahr 1990 auf 6,6 t CO<sub>2</sub> im Jahr 2023. Das entspricht einer Reduktion von 47,5 %, wobei der Rückgang in den ersten fünf Jahren aufgrund des wirtschaftlichen Strukturwandels bereits 13,2 % betrug.

Die Differenz der Pro-Kopf-Emissionen zwischen Hessen und Deutschland ist über die Zeitreihe geringer geworden. Während im Basisjahr die gesamtdeutschen Emissionen pro Einwohner noch 5,1 t CO<sub>2</sub> über dem hessischen Wert lagen, waren sie im Jahr 2023 nur noch um 1,9 t CO<sub>2</sub> höher. Der nach wie vor erkennbare Niveauunterschied ist unter anderem auf unterschiedliche Wirtschaftsstrukturen und hohe Stromimporte in Hessen, die in der Quellenbilanz nicht emissionswirksam sind, zurückzuführen (siehe Abschnitt 1.3).

Die prozentuale Abnahme der Pro-Kopf-Emissionen fällt in Hessen und Deutschland höher aus als die prozentuale Abnahme der absoluten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen (gegenüber 1990 in Hessen – 30,0 % und in Deutschland – 44,1 %, siehe Abschnitt 1.2). Das ist darauf zurückzuführen, dass die Bevölkerung in Hessen und Deutschland im Betrachtungszeitraum gewachsen ist (siehe Tabelle 13 im Anhang).

Die auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP) bezogene CO<sub>2</sub>-Intensität zeigt die verursachten Emissionen je Einheit erbrachter Wirtschaftsleistung. Höhe und Entwicklung sind abhängig von der Wirtschaftsstruktur der betrachteten Region. Insbesondere vor dem Hintergrund eines wirtschaftlichen Strukturwandels (z. B. zunehmende Bedeutung des tertiären Sektors) sollte eine abnehmende CO<sub>2</sub>-Intensität nicht automatisch mit einer Effizienzsteigerung bestehender Wirtschaftsstrukturen gleichgesetzt werden.



**Tabelle 4 Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen bezogen auf Bevölkerung, Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch in Hessen und Deutschland von 1990 bzw. 1991 bis 2023**

| Gebiet   | 1990 | 1991  | 2000  | 2005  | 2010  | 2015  | 2020  | 2022  | 2023 <sup>1)</sup> | 1990 bzw. 1991/2023              |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|----------------------------------|
| CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einwohnerin bzw. Einwohner in t CO <sub>2</sub>   |      |       |       |       |       |       |       |       |                    | Veränderungen in %               |
| Hessen   | 7,4  | 8,0   | 7,4   | 7,0   | 6,5   | 5,8   | 5,0   | 5,2   | 4,6                | – 37,5                           |
| Deutschland  | 12,5 | 12,0  | 10,3  | 10,0  | 9,7   | 9,2   | 7,2   | 7,5   | 6,6                | – 47,5                           |
| Deutschland = 100  |      |       |       |       |       |       |       |       |                    |                                  |
| Hessen   | 59,4 | 66,7  | 71,8  | 70,0  | 66,6  | 63,0  | 69,6  | 69,2  | 70,8               |                                  |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einheit Bruttoinlandsprodukt <sup>3)</sup> in t CO <sub>2</sub> je Mio. Euro              |      |       |       |       |       |       |       |       |                    | Veränderungen <sup>4)</sup> in % |
| Hessen   | —    | 308,2 | 227,6 | 196,7 | 166,0 | 133,0 | 107,9 | 98,5  | 83,9               | – 53,7                           |
| Deutschland  | —    | 602,0 | 393,9 | 350,3 | 297,5 | 244,4 | 174,6 | 158,0 | 132,5              | – 61,1                           |
| Deutschland = 100  |      |       |       |       |       |       |       |       |                    |                                  |
| Hessen   | —    | 51,2  | 57,8  | 56,2  | 55,8  | 54,4  | 61,8  | 62,3  | 63,3               |                                  |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einheit Primärenergieverbrauch in t CO <sub>2</sub> je 1 000 TJ                           |      |       |       |       |       |       |       |       |                    | Veränderungen in %               |
| Hessen   | 45,7 | 48,3  | 43,1  | 40,7  | 38,3  | 41,2  | 43,1  | 41,1  | 38,3               | – 16,1                           |
| Deutschland  | 66,6 | 65,6  | 58,3  | 56,2  | 55,0  | 56,3  | 50,6  | 53,3  | 52,0               | – 21,8                           |
| Deutschland = 100  |      |       |       |       |       |       |       |       |                    |                                  |
| Hessen   | 68,6 | 73,7  | 74,0  | 72,5  | 69,5  | 73,1  | 85,1  | 77,0  | 73,6               |                                  |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einheit bereinigtem Primärenergieverbrauch <sup>2)</sup> in t CO <sub>2</sub> je 1 000 TJ |      |       |       |       |       |       |       |       |                    | Veränderungen in %               |
| Hessen   | 51,6 | 54,3  | 50,9  | 48,5  | 45,6  | 52,2  | 49,1  | 50,6  | 48,9               | – 5,2                            |
| Deutschland  | 67,3 | 66,3  | 59,3  | 57,4  | 56,4  | 57,8  | 51,4  | 55,1  | 54,0               | – 19,8                           |
| Deutschland = 100  |      |       |       |       |       |       |       |       |                    |                                  |
| Hessen   | 76,7 | 81,9  | 85,9  | 84,5  | 80,9  | 90,3  | 95,6  | 91,9  | 90,6               |                                  |
| Nachrichtlich: Anteil des internationalen Luftverkehrs am Primärenergieverbrauch in %  |      |       |       |       |       |       |       |       |                    | Mittelwert 1990-2023             |
| Hessen   | 11,5 | 11,1  | 15,4  | 16,2  | 16,1  | 21,0  | 12,4  | 18,9  | 21,7               | 16,3                             |
| Deutschland  | 1,1  | 1,1   | 1,8   | 2,2   | 2,3   | 2,5   | 1,6   | 3,2   | 3,6                | 2,1                              |

1) Für Hessen vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr. – 3) Bezugsgröße der Jahreswerte ist das Bruttoinlandsprodukt in jeweiligen Preisen. – 4) Veränderungsdaten des preisbereinigten und verketteten Bruttoinlandsprodukts.

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Statistisches Bundesamt; AK VGRdL (Berechnungsstand: Februar 2025); UGRdL; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; Umweltbundesamt, NID 2025; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Im Vergleich zu 1991 war die CO<sub>2</sub>-Intensität, also hier die CO<sub>2</sub>-Emissionen je Einheit preisbereinigtes Bruttoinlandsprodukt, in Hessen 2023 um 53,7 % niedriger.<sup>2</sup> Das bedeutet, dass eine vergleichbare monetäre Wirtschaftsleistung mit deutlich geringeren Emissionen erwirtschaftet wurde. Für Deutschland reduzierte sich die CO<sub>2</sub>-

<sup>2</sup> Der Bezug auf das Basisjahr der Emissionsberechnungen (1990) ist deshalb nicht möglich, weil das für den Deutschlandvergleich erforderliche Bruttoinlandsprodukt für das Jahr 1990 nicht verfügbar ist. Das Bruttoinlandsprodukt wird für Strukturvergleiche in jeweiligen Preisen verwendet. Um jedoch Betrachtungen der Zeitreihe unabhängig von Preisänderungen vorzunehmen, werden Entwicklungen über verkettete, preisbereinigte Indizes dargestellt. Das führt dazu, dass die in Tabelle 4 rechts stehenden Veränderungsdaten nicht aus den links ausgewiesenen Werten errechnet werden können.

Intensität in diesem Zeitraum um 61,1 %. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen je Einheit BIP waren in Deutschland vor allem in der ersten Hälfte der neunziger Jahre aufgrund struktureller Veränderungen in der Wirtschaft und wegen stark verminderter CO<sub>2</sub>-Emissionen des Energiesektors deutlich gesunken, preisbereinigt zwischen 1991 und 1995 im Durchschnitt um 3,3 % pro Jahr. Zwischen 1995 und 2023 schwächte sich die Entwicklung auf einen durchschnittlichen Rückgang von 2,9 % pro Jahr ab.

Der Vergleich zwischen Hessen und Deutschland zeigt, dass die CO<sub>2</sub>-Intensität gegenüber 1991 in Hessen weniger stark abgenommen hat (analog der Entwicklung der absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen). Hierbei ist die Differenz zwischen Hessen und Deutschland mit 7,4 Prozentpunkten im Jahr 2023 deutlich geringer als bei den absoluten Emissionsmengen.

Die auf den Primärenergieverbrauch (PEV) bezogene CO<sub>2</sub>-Intensität setzt die Emissionen ins Verhältnis zur Gesamtheit der eingesetzten Energieträger. Sie lag in Hessen im Jahr 2023 bei 38,3 t CO<sub>2</sub> je 1000 Terajoule (TJ). Damit diese international gebräuchliche Kennzahl der exponierten Stellung des Frankfurter Flughafens Rechnung trägt, ergänzt dieser Bericht eine bereinigte Kennzahl, indem der PEV um die für den internationalen Luftverkehr eingesetzten Flugturbinenkraftstoffe vermindert wird.<sup>3</sup> Die solchermaßen bereinigte CO<sub>2</sub>-Intensität erreichte 48,9 t CO<sub>2</sub> je 1000 TJ. Auf Bundesebene waren es 52,0 (bzw. bereinigt 54,0 t) CO<sub>2</sub> je 1000 TJ.

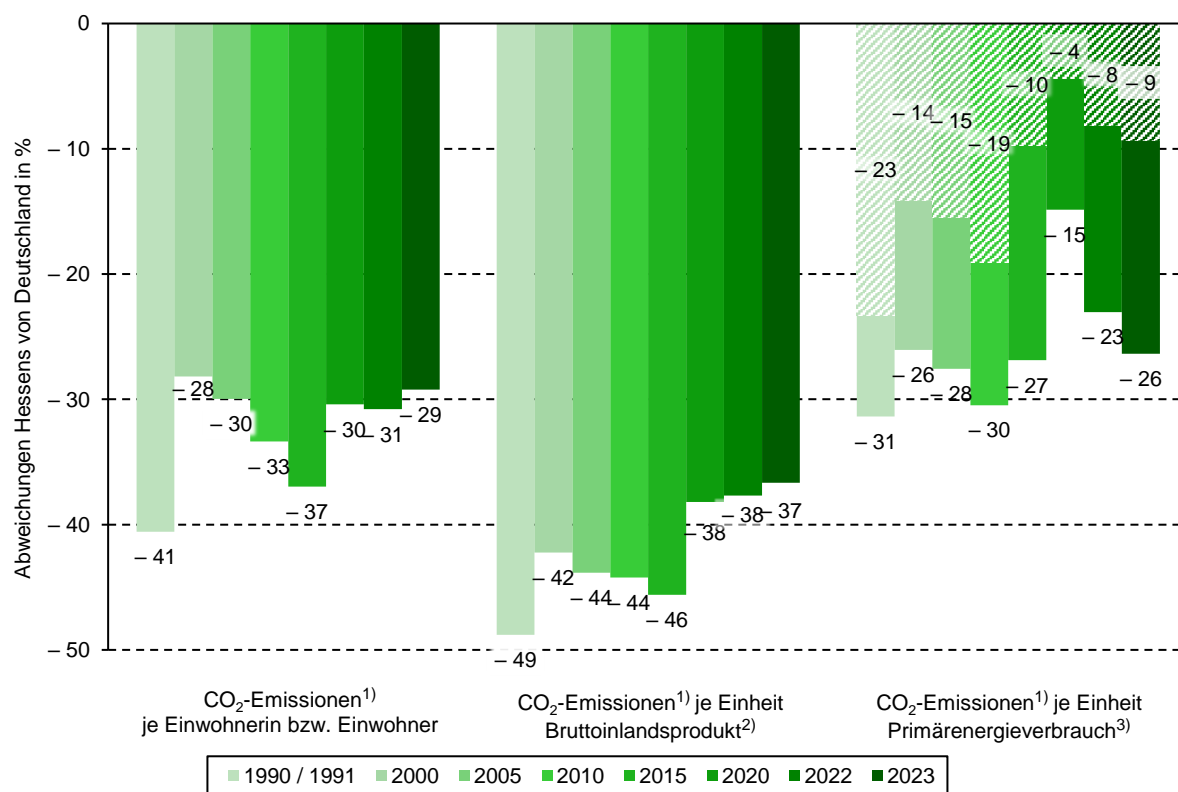
Bei der Betrachtung der Zeitreihe ist zu berücksichtigen, dass in Hessen bis Anfang 2011 und in Deutschland bis in das Jahr 2022 hinein Kernenergie eingesetzt wurde. Zwischen 1990 und 2011 leistete sie mit durchschnittlich 14,9 % einen erheblichen Anteil am hessischen Primärenergieverbrauch. Bei der Nutzung von Kernenergie wird zwar nicht CO<sub>2</sub> ausgestoßen, aber die eingesetzte Energieträgermenge geht in den Primärenergieverbrauch ein und wirkt sich dadurch auf die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Intensität aus.

Da der Anteil des Kraftstoffverbrauchs des internationalen Luftverkehrs am PEV auf Bundesebene niedriger ist als in Hessen, beeinflusst er die deutsche CO<sub>2</sub>-Intensität weniger stark als die hessische: In Deutschland machte der internationale Luftverkehr 2023 nur 3,6 % des PEV aus, in Hessen lag der Wert bei 21,7 %. Entsprechend unterschiedlich ist die CO<sub>2</sub>-Intensität in Hessen je Berechnungsweg. Der Unterschied zwischen der CO<sub>2</sub>-Intensität des PEV und der CO<sub>2</sub>-Intensität des bereinigten PEV war in Hessen im Jahr 2023 mit 10,6 t CO<sub>2</sub> je 1000 TJ höher als im Vorjahr (9,6 t CO<sub>2</sub> je 1000 TJ). Die Annäherung beider Kennzahlen in den Jahren 2020 und 2021, in denen der Reiseverkehr infolge der Corona-Pandemie stark eingeschränkt war, und ihre anschließende Distanzierung unterstreicht die große Bedeutung des internationalen Luftverkehrs für den Energiebedarf in Hessen. Auch die Differenz der auf den PEV bezogenen CO<sub>2</sub>-Intensität zwischen Hessen und Deutschland variiert stark, je nachdem ob der PEV um den Kraftstoffverbrauch des internationalen Luftverkehrs bereinigt wird oder nicht. Im Jahr 2023 betrug die Differenz der CO<sub>2</sub>-Intensität zwischen Hessen und Deutschland 13,7 bzw. bei bereinigtem PEV 5,1 t CO<sub>2</sub> je 1000 TJ. Gegenüber 1990 war die hessische CO<sub>2</sub>-Intensität 2023 um 16,1 % niedriger,

<sup>3</sup> Diese Bereinigung erfolgt analog zum Vorgehen bei den Gesamtemissionen (siehe Abschnitt 1.1).

bei bereinigtem PEV verringerte sich die Reduktion auf 5,2 %. In Deutschland war die CO<sub>2</sub>-Intensität 2023 um 21,8 % bzw. bei bereinigtem PEV 19,8 % niedriger als 1990.

**Abbildung 4 Abweichung der hessischen CO<sub>2</sub>-Intensität (bezogen auf Bevölkerung, Bruttoinlandsprodukt, Primärenergieverbrauch) zur deutschen CO<sub>2</sub>-Intensität von 1990/1991 bis 2023**



1) Ohne internationalen Luftverkehr. — 2) Basisjahr für das Bruttoinlandsprodukt ist 1991. — 3) Ganzer Balken: Bezogen auf den gesamten Primärenergieverbrauch. Schraffierter Teil: Bezogen auf den (bereinigten) Primärenergieverbrauch ohne internationalen Luftverkehr.

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Statistisches Bundesamt; AK VGRdL (Berechnungsstand: Februar 2025); UGRdL; Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; Umweltbundesamt, NID 2025; hessische Werte für 2023 vorläufig.

Bei einem Vergleich der drei verschiedenen CO<sub>2</sub>-Intensitäten, nämlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen jeweils bezogen auf Bevölkerung, preisbereinigtes Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch, fällt auf, dass die Abweichungen zwischen Hessen und Deutschland 2023 deutlich geringer ausfallen als noch 1990. Bis 1996 näherten sich die jeweiligen CO<sub>2</sub>-Intensitäten einander an. Dies hängt mit dem wirtschaftlichen Strukturwandel Anfang der neunziger Jahre zusammen, der sich auf das bundesdeutsche Emissionsgeschehen stärker auswirkte als auf das hessische. Zusätzlich hatte der Ausbau des Energiesektors in Hessen bis Mitte der 1990er Jahre zu einem deutlichen Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen geführt (siehe Abschnitt 1.2). Im Anschluss „verbesserte“ Hessen im Vergleich zu Deutschland seine CO<sub>2</sub>-Intensitäten bis 2014. Seither nahm der Abstand mit leichten Schwankungen wieder ab. Die auf den PEV bezogenen CO<sub>2</sub>-Intensitäten zeigen für den Zeitraum 2020 bis 2022 sowohl in Hessen als auch bundesweit wegen der Auswirkungen der Corona-Pandemie und

wegen der Auswirkungen des Kriegs in der Ukraine auf die Gasversorgung eine abweichende Entwicklung.

Zusammenfassend lässt sich in Bezug auf die verschiedenen Indikatoren festhalten:

- Die Pro-Kopf-Emissionen waren in Hessen im Jahr 2023 um 29,2 % niedriger als in Deutschland. Im Basisjahr 1990 waren sie um 40,6 % niedriger, im Jahr 1996 zum Zeitpunkt der stärksten Annäherung um 24,5 %.
- Das hessische Bruttoinlandsprodukt wurde im Jahr 2023 unter Freisetzung von durchschnittlich 83,9 t CO<sub>2</sub> je 1 Mio. Euro erwirtschaftet – in Deutschland waren es 132,5 t CO<sub>2</sub> je 1 Mio. Euro. Eine vergleichbare monetäre Wirtschaftsleistung wurde in Hessen also mit um 36,7 % niedrigeren CO<sub>2</sub>-Emissionen geschaffen. Dies ist unter anderem auf die hessische Wirtschaftsstruktur zurückzuführen.
- Die durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Intensität des Primärenergieverbrauchs ist in Hessen stärker als in Deutschland davon abhängig, ob der internationale Luftverkehr bei der Berechnung des Primärenergieverbrauchs berücksichtigt wird. Im Jahr 2023 lag der hessische Wert bei vollständiger Einbeziehung aller Mineralölprodukte in den Primärenergieverbrauch 26,4 % unter dem deutschen. Ohne Berücksichtigung der Flugkraftstoffe für den internationalen Luftverkehr fiel diese Differenz mit 9,4 % deutlich geringer aus.

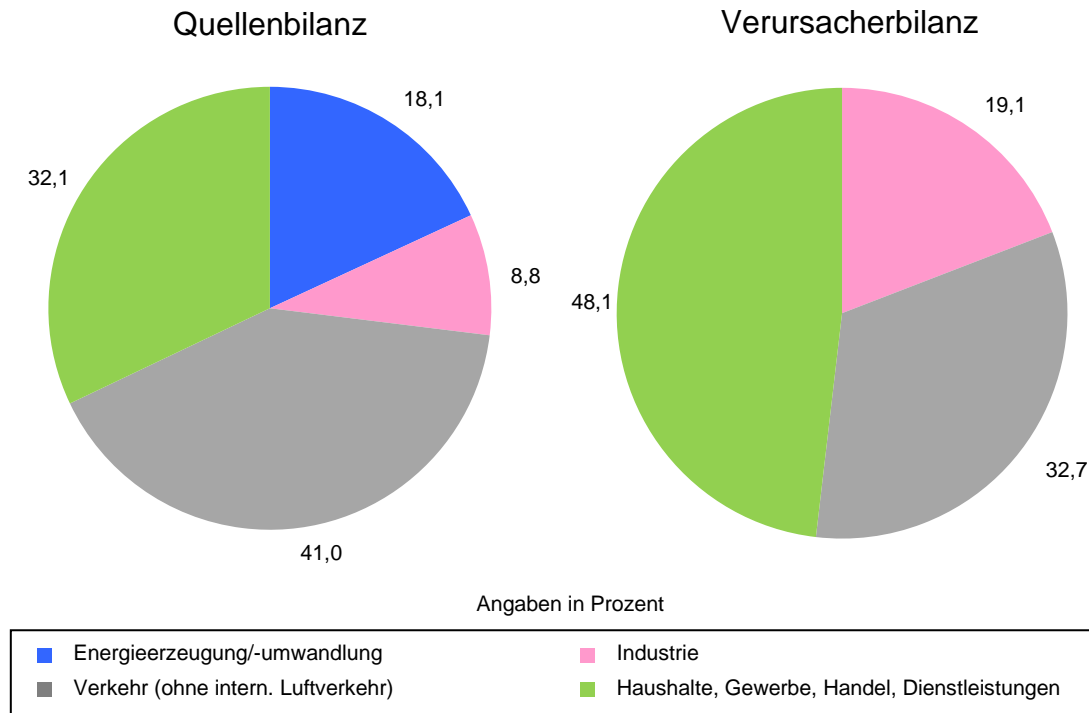
## 1.5 Verursacherbezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen

In der Verursacherbilanz werden die Emissionen ausschließlich auf den Endenergieverbrauch bezogen. Die Emissionen des Umwandlungssektors (Energieerzeugung) werden nach dem Verursacherprinzip zugeordnet. Das schließt auch die Emissionen, die für über die Landesgrenze bezogenen Strom und Fernwärme anzurechnen sind, ein. Bezieht man die CO<sub>2</sub>-Emissionen vollständig auf die Verbrauchssektoren, zeigen sich für Hessen erhebliche Abweichungen zur Quellenbilanz, sowohl in der sektoralen Struktur (Abbildung 5) als auch in der absoluten Höhe (Tabelle 5). Die verursacherbezogene Emissionsberechnung erfolgt nach der abgestimmten Methodik des Länderarbeitskreises Energiebilanzen, auf Bundesebene weist der NID keine Verursacherbilanz aus.

Die hessischen verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen lagen im Jahr 2023 – ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs – bei 38,9 Mio. t CO<sub>2</sub> und damit deutlich höher als die in der Quellenbilanz ausgewiesenen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen (29,7 Mio. t CO<sub>2</sub>, siehe Abschnitt 1.2). Die verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen waren 2023 um 20,9 Mio. t bzw. 34,9 % niedriger als im Basisjahr 1990 (Abbildung 6). Im Vergleich zu 2022 nahmen sie um 3,7 Mio. t bzw. 8,7 % ab.

Der Emissionsrückgang gegenüber dem Vorjahr ist in erster Linie auf niedrigere Emissionen aus dem Stromverbrauch zurückzuführen. Hier ging der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 2,3 Mio. t bzw. 15,9 % zurück. Ebenfalls klar zu erkennen war die Emissionsreduktion im Gasbereich, in dem 2023 820 000 t bzw. 9,6 % weniger CO<sub>2</sub> emittiert wurde.

**Abbildung 5 Anteile der Emissionssektoren an den quellen- und verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen im Jahr 2023**



Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; vorläufige Werte.

Sektorübergreifend waren die verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen 2023 zu 41,8 % auf den Endenergieverbrauch von Mineralöl und Mineralölprodukten zurückzuführen. Strom und Fernwärme machten 37,2 % aus, Gas kam auf 19,7 % und Stein- und Braunkohle zusammen auf 1,3 %.

Insbesondere die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch von Strom und Fernwärme nahmen gegenüber dem Vorjahr in allen Emissionssektoren deutlich ab: in der Industrie um 810 000 t bzw. 14,6 %, im Verkehrssektor um 20 000 t bzw. 3,3 % und im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ um 1,8 Mio. t bzw. 16,0 %. Die im Verkehrssektor ausgewiesenen Emissionen resultieren ausschließlich aus dem Fahrstrom, Fernwärme wird hier nicht genutzt. Der überwiegende CO<sub>2</sub>-Ausstoß aus dem Verbrauch von Fahrstrom geht auf den Schienenverkehr zurück.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch von Gas gingen in der Industrie um 150 000 t bzw. 7,0 % und im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ um 670 000 t bzw. 10,7 % zurück, während sie im Verkehrssektor um 2 000 t bzw. 6,1 % zunahmen. Stein- und Braunkohle als Energieträger spielen mengenmäßig in den Endverbrauchsbereichen bei den hessischen Letztverbrauchern nahezu keine Rolle. Kohle wird in Hessen hauptsächlich in Großkraftwerken eingesetzt, deren Emissionen in der Verursacherbilanz über den Endenergieverbrauch von Strom und Fernwärme berücksichtigt werden.

**Tabelle 5 CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen in den Jahren 2022 und 2023**

| Emissionssektor                                 | Energieträger             |                 |                 |  |              |                                      |
|---|---------------------------|-----------------|-----------------|--|--------------|--------------------------------------|
|   | Insgesamt                 | davon           |                 |  |              |                                      |
|   |                           | Stein-<br>kohle | Braun-<br>kohle | Mineralöl<br>und<br>Mineralöl-<br>produkte | Gas          | Strom und<br>Fernwärme <sup>1)</sup> |
|   | 1 000 t                   |                 |                 |  |              |                                      |
|   | 2023 <sup>2)</sup>        |                 |                 |  |              |                                      |
| Industrie                                       | 7 449                     | 260             | 182             | 231  | 2 048        | 4 727                                |
| Verkehr <sup>3)</sup>                           | 12 732                    | —               | —               | 12 156                                     | 33           | 543                                  |
| Haushalte, Gewerbe, Handel,<br>Dienstleistungen | 18 738                    | 3               | 47              | 3 897                                      | 5 592        | 9 199                                |
| <b>Endenergieverbrauchsbereich<br/>zusammen</b> | <b>38 919</b>             | <b>263</b>      | <b>229</b>      | <b>16 285</b>                              | <b>7 673</b> | <b>14 470</b>                        |
|   | 2022                      |                 |                 |  |              |                                      |
| Industrie                                       | 8 505                     | 323             | 178             | 266  | 2 201        | 5 536                                |
| Verkehr <sup>3)</sup>                           | 12 934                    | —               | —               | 12 341                                     | 31           | 562                                  |
| Haushalte, Gewerbe, Handel,<br>Dienstleistungen | 21 174                    | 0               | 37              | 3 922                                      | 6 259        | 10 956                               |
| <b>Endenergieverbrauchsbereich<br/>zusammen</b> | <b>42 612</b>             | <b>323</b>      | <b>215</b>      | <b>16 529</b>                              | <b>8 491</b> | <b>17 053</b>                        |
|   | Zu- bzw. Abnahme (–) in % |                 |                 |  |              |                                      |
| Industrie                                       | – 12,4                    | – 19,5          | 2,2             | – 13,1                                     | – 7,0        | – 14,6                               |
| Verkehr <sup>3)</sup>                           | – 1,6                     | —               | —               | – 1,5                                      | 6,1          | – 3,3                                |
| Haushalte, Gewerbe, Handel,<br>Dienstleistungen | – 11,5                    | —               | 27,6            | – 0,6                                      | – 10,7       | – 16,0                               |
| <b>Endenergieverbrauchsbereich<br/>zusammen</b> | <b>– 8,7</b>              | <b>– 18,7</b>   | <b>6,6</b>      | <b>– 1,5</b>                               | <b>– 9,6</b> | <b>– 15,1</b>                        |

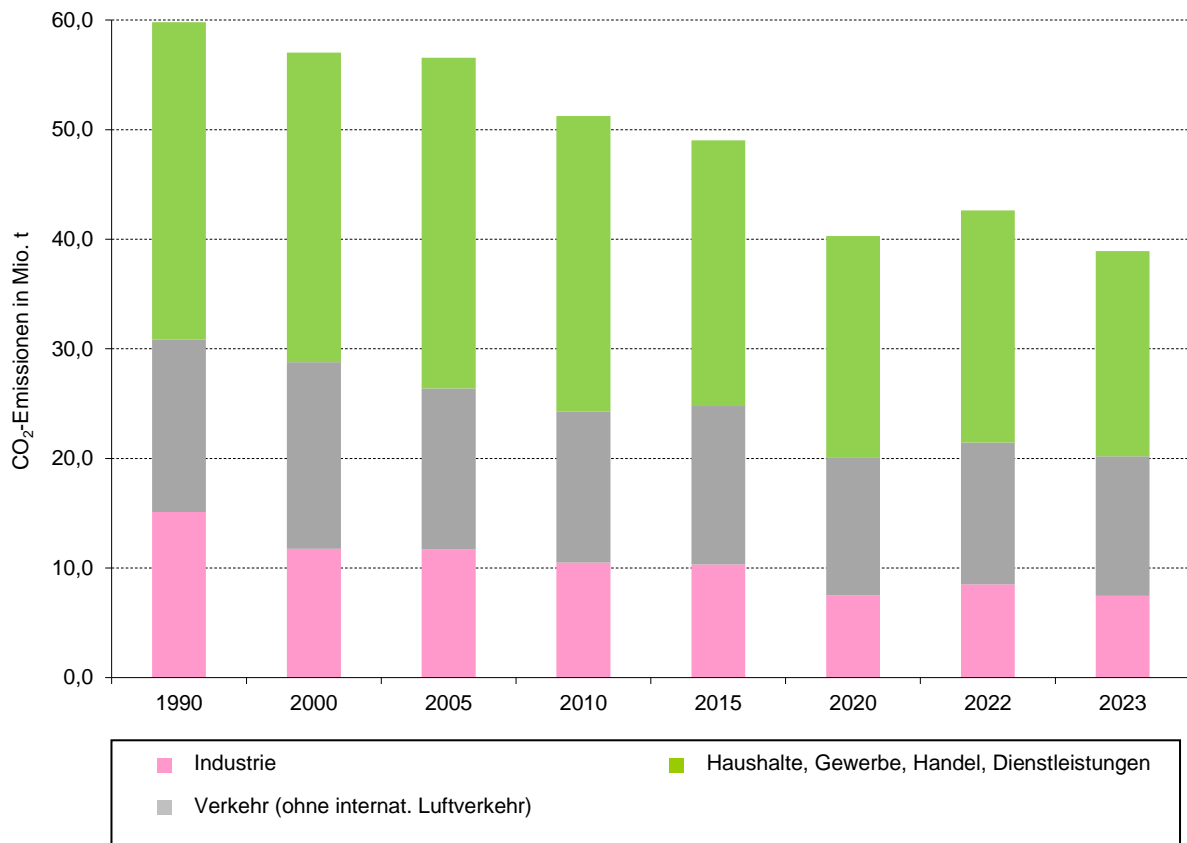
1) Bewertung des Stromverbrauchs mit einem einheitlichen (General-)Faktor für Deutschland auf Basis der Emissionen aller Kraftwerke der allgemeinen Versorgung sowie der Industriekraftwerke; einschließl. Abfall. – 2) Vorläufige Werte. – 3) Ohne internationalen Luftverkehr.

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch von Mineralölen gingen in allen Sektoren zurück: Im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ sanken sie um 20 000 t bzw. 0,6 %. Die Emissionen in der Industrie spielen mengenmäßig eine untergeordnete Rolle, nahmen jedoch um 30 000 t bzw. 13,1 % ab. Der Großteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Mineralöle fällt im Verkehrssektor an. Im Vergleich zum Vorjahr sanken die Emissionen hier um 180 000 t bzw. 1,5 %.

Gegenüber dem Basisjahr 1990 erfolgte die stärkste absolute Reduzierung der verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“. 2023 wurden hier 10,2 Mio. t CO<sub>2</sub> bzw. 35,3 % weniger emittiert als im Basisjahr. Für die hessische Industrie lagen die Emissionsmengen 7,7 Mio. t bzw. 50,7 % unter dem Niveau von 1990. Im Verkehrssektor waren die Emissionen 3,0 Mio. t bzw. 19,0 % niedriger.

**Abbildung 6 CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen von 1990 bis 2023**



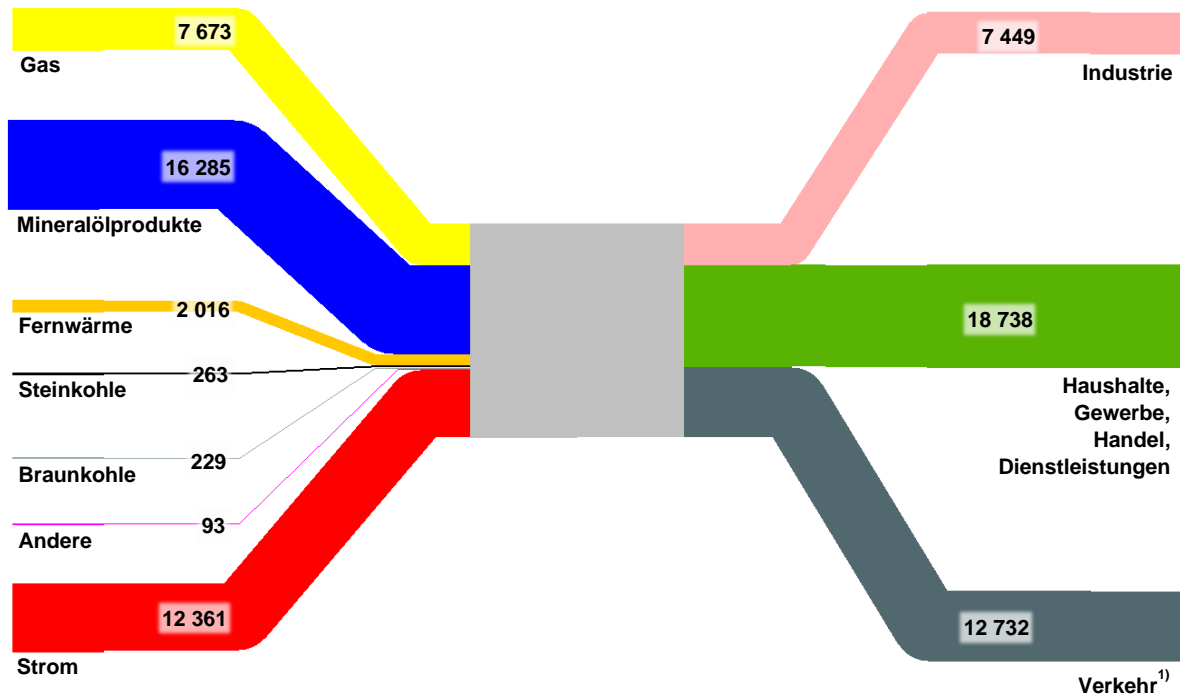
Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; Werte für 2023 vorläufig.

Seit 2014 liegen die verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen unter 50,0 Mio. t. Der Rückgang ist überwiegend mit der Abnahme der Emissionsintensität des deutschen Strommix zu begründen, welche sich auf die verursacherbezogenen Emissionen aus dem Stromverbrauch auswirkt.

Abbildung 7 stellt die CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern den CO<sub>2</sub>-Emissionen der Endverbrauchssektoren gegenüber. Den größten Emissionsanteil auf Verursacherseite trug mit 48,1 % der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“, gefolgt vom Verkehrssektor (32,7 %) und der hessischen Industrie (19,1 %).

Die Emissionsanteile der einzelnen Sektoren unterscheiden sich zwischen Quellen- und Verursacherbilanz deutlich. Dies ist auf die verursacherbezogene Bewertung des Strom- und Fernwärmeverbrauchs (siehe Abschnitt 1.1) zurückzuführen. Das wirkt sich vor allem auf die absoluten Emissionsmengen des Sektors „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ und der Industrie aus, weil hier der überwiegende Verbrauch von Strom und Fernwärme erfolgt. Entsprechend werden die Emissionen aus der Strom- und Fernwärmeerzeugung in Hessen und aus den importierten Strommengen hauptsächlich in diesen Sektoren verbucht. Da der Großteil der Emissionen des Verkehrssektors auf den Verbrauch von Mineralölen zurückzuführen ist, gibt es hier nur geringe absolute Unterschiede zwischen der Quellen- und der Verursacherbilanz.

**Abbildung 7 Verursacherbezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen im Jahr 2023 (Sankey Diagramm)**



Angaben in 1 000 t CO<sub>2</sub>.

1) Ohne internationalen Luftverkehr.

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; Werte vorläufig.



## **2 CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Industrieprozessen**

### **2.1 Ermittlung prozessbedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Zur Darstellung der Gesamtemissionen von CO<sub>2</sub> ist es notwendig, neben den energiebedingten auch die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu ermitteln. Prozessbedingte klimawirksame CO<sub>2</sub>-Emissionen werden bei chemischen Reaktionen bestimmter Produktionsprozesse direkt freigesetzt.

Auf Ebene der Bundesländer betrachtete Industrieprozesse für die Ermittlung prozessbedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen innerhalb des Sektors Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe sind die Herstellung von

- Zementklinker,
- Kalk,
- Glas,
- Ammoniak,
- Mauer- und Dachziegeln,
- Ruß und
- Hüttenaluminium.

Die Vorgehensweise des Länderarbeitskreises Energiebilanzen lehnt sich eng an die Berechnungsmethoden des UBA im Rahmen der nationalen Inventarberichterstattung an. Dort verwendete Emissionsfaktoren werden größtenteils übernommen. Nicht alle der im NID genannten Industrieprozesse können jedoch auch auf Länderebene abgebildet werden. Berechnungsgrundlage sind Daten aus der „Vierteljährlichen Produktionserhebung“ sowie Einsatzmengen bestimmter Rohstoffe, die separat erhoben werden. Diese Mengen der jeweiligen Industrieprozesse werden mit spezifischen Emissionsfaktoren multipliziert. Das Ergebnis stellt die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen je Industrieprozess dar. Ausgewiesen wird das Resultat in Tonnen CO<sub>2</sub>. Eine Aussage über die gesamten CO<sub>2</sub>-Prozessemissionen des Industriesektors ergibt sich aus der Addition des Emissionspotentials der einzelnen Prozesse.

Um ein Gesamtbild mit dem einheitlichen Basisjahr 1990 – analog zur Indikatorenberichterstattung im Rahmen der Hessischen Nachhaltigkeitsstrategie – zu ermöglichen, wurden mit dem Bilanzjahr 2020<sup>4</sup> auch die extrapolierten Werte der Jahre 1990 bis 1994 aktualisiert. Mit einem linearen Regressionsverfahren wurden aus den vorliegenden Angaben die fehlenden Werte extrapoliert (Rück(be)rechnung). Bis zum Bilanzjahr 2013 hatte sich die Bilanzierung auf das Basisjahr 1995 bezogen. Hauptgrund dafür ist, dass weiter zurückliegende statistische Daten nicht zu ermitteln sind bzw. nicht in der erforderlichen Abgrenzung zur Verfügung stehen.

---

<sup>4</sup> Im Jahr 2022 wurde die Methodik zur Berechnung länderspezifischer prozessbedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen überarbeitet, um sowohl bei den Emissionsfaktoren als auch bei den Aktivitätsdaten möglichst analog zu Umstellungen in der Methodik des aktuellen NID vorzugehen. Entsprechend wurde auch die bisherige Extrapolation aus dem Bilanzjahr 2015 aktualisiert.

Einen Überblick über die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen gibt Tabelle 6. Im Jahr 2023 wurden prozessbedingt insgesamt 500 000 t CO<sub>2</sub> emittiert. Dabei waren die Herstellung von Kalk und Zementklinker für 99,1 % der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich.

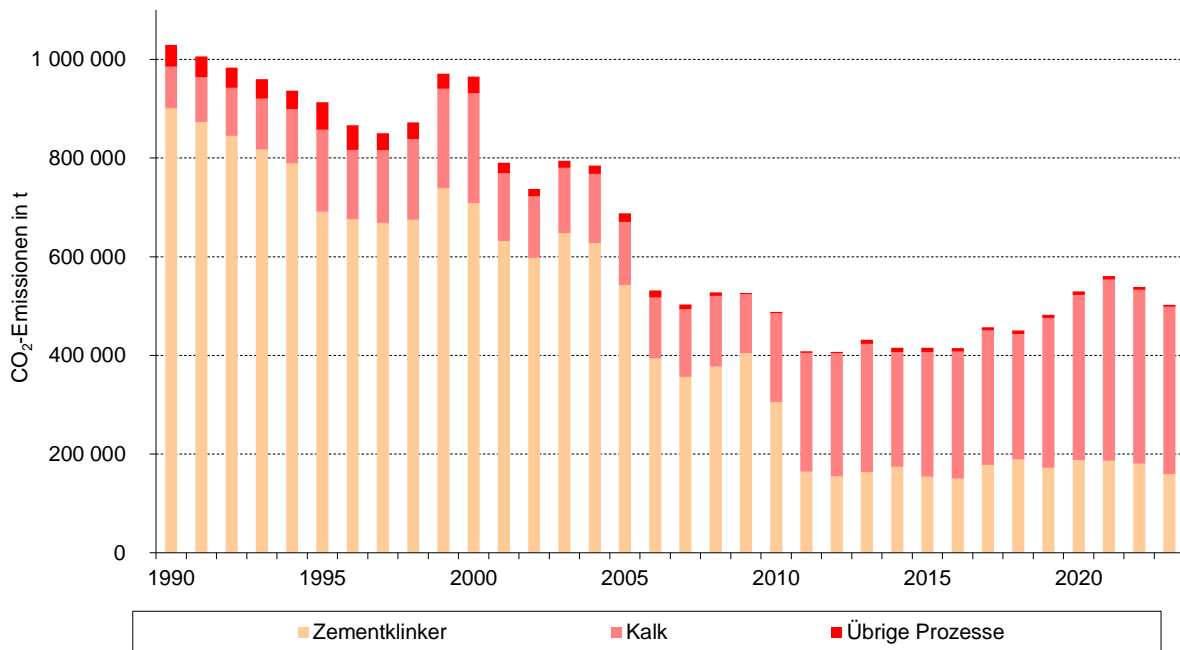
**Tabelle 6 Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2023**

|  | 1990 <sup>1)</sup>                                      | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2022 | 2023 <sup>2)</sup> |
|--|---|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|  | CO <sub>2</sub> -Emissionen in 1 000 t                  |      |      |      |      |      |      |                    |
| Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen            | 1 029   | 965  | 688  | 488  | 416  | 529  | 539  | 503                |
| darunter Herstellung von                               |   |      |      |      |      |      |      |                    |
| Zementklinker  | 901   | 709  | 543  | 305  | 154  | 188  | 181  | 159                |
| Kalk   | 85  | 223  | 128  | 180  | 252  | 334  | 352  | 339                |
|  | Anteile der Industrieprozesse in %                      |      |      |      |      |      |      |                    |
| Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen            | 100   | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100                |
| darunter Herstellung von                               |   |      |      |      |      |      |      |                    |
| Zementklinker  | 87,5  | 73,4 | 78,9 | 62,5 | 37,1 | 35,5 | 33,5 | 31,6               |
| Kalk   | 8,2   | 23,1 | 18,6 | 36,9 | 60,7 | 63,2 | 65,3 | 67,5               |
|  | Entwicklung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes (1990 = 100) |      |      |      |      |      |      |                    |
| Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen            | 100   | 94   | 67   | 47   | 40   | 51   | 52   | 49                 |
| darunter Herstellung von                               |   |      |      |      |      |      |      |                    |
| Zementklinker  | 100   | 79   | 60   | 34   | 17   | 21   | 20   | 18                 |
| Kalk   | 100   | 263  | 151  | 213  | 298  | 395  | 416  | 401                |
| 1) Werte rückwirkend geschätzt. – 2) Vorläufige Werte. |   |      |      |      |      |      |      |                    |

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

Im Basisjahr 1990 wurden in Produktionsprozessen insgesamt 1,0 Mio. t CO<sub>2</sub> freigesetzt. Bis 1997 verringerten sich die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen kontinuierlich, um in den darauffolgenden drei Jahren zwischenzeitlich wieder bis in die Nähe des Ausgangsniveaus anzusteigen. Zwischen 2001 und 2011 ging die Emissionsmenge aus Produktionsprozessen mit einigen Schwankungen deutlich zurück, was insbesondere auf eine langfristig gesunkene Produktion in der Zementklinkerherstellung zurückzuführen ist. Bis 2016 blieben die Emissionen auf einem annähernd gleichen Niveau. Nach einem neuerlichen leichten Anstieg gingen sie ab 2022 erneut zurück und liegen deutlich unter dem Niveau von 1990 (Abbildung 8). Gegenüber dem Basisjahr sanken die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen 2023 um 530 000 t bzw. 51,2 %. Im Vergleich zum Vorjahr nahmen sie um 40 000 t bzw. 6,8 % ab. Dieser Rückgang ist auf niedrigere Produktionsmengen in der Zementklinker- und der Kalkherstellung zurückzuführen.

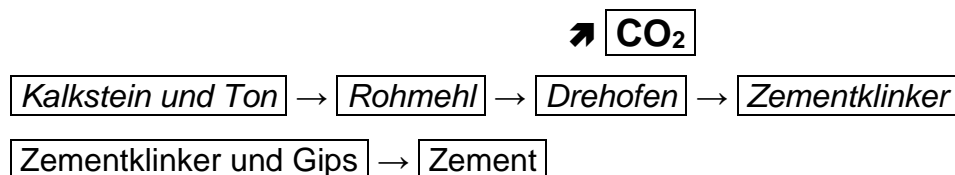
In Hessen wurden im Betrachtungszeitraum neben Zementklinker und Kalk auch Glaswaren, Ammoniak, Ziegel und Industrieruß hergestellt. Die Darstellung der Emissionen erfolgt jeweils nach einer kurzen Beschreibung der abgebildeten Prozesse. Da die Herstellung von Ruß in Hessen im Jahr 2015 stillgelegt wurde, gehen die weiteren Ausführungen darauf nicht ein. Die historischen Emissionen sind allerdings in den ermittelten prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen enthalten.

**Abbildung 8 Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2023**

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

## 2.2 Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Herstellung von Zementklinker

Bei der Herstellung von Zementklinker wird aus den Rohstoffen Kalkstein und Ton Rohmehl gemahlen, welches anschließend im Drehofen gebrannt wird. Durch chemische Umwandlung, sogenannte Sinterung, entstehen die Zementklinker. Die CO<sub>2</sub>-Freisetzung findet bei der Entsäuerung des Kalksteins statt (Abbildung 9). Zementmühlen mahlen den Klinker unter Zusatz von Gips zu Zement. Dieser letzte Schritt zur Herstellung von Zement ist allerdings nicht emissionswirksam.

**Abbildung 9 Schematische Darstellung der CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei der Zementklinkerherstellung**

Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Die Herstellung von Zement war lange der bedeutendste Industrieprozess für die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen. Bis einschließlich 2010 waren durchschnittlich 78,4 % der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Freisetzung diesem Industrieprozess zuzuordnen. 2011 fiel der Anteil auf 40,3 % und schwankte bis 2020 um dieses Niveau. Anschließend nahm er weiter auf zuletzt 31,6 % im Jahr 2023 ab.

Im Jahr 2023 belief sich der absolute CO<sub>2</sub>-Ausstoß aus der Zementklinkerproduktion in Hessen auf 160 000 t, das waren 20 000 t bzw. 12,0 % weniger als 2022. Gegenüber 1990 reduzierte sich die emittierte CO<sub>2</sub>-Menge um 740 000 t bzw. 82,3 %.

Der hessische Anteil an den gesamten prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der deutschen Zementindustrie ging von 1990 bis 2012 stark zurück. 1990 lag er noch bei 5,9 %. Seit 2012 schwankt der hessische Anteil um durchschnittlich 1,3 %.

## 2.3 Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Herstellung von Kalk

Ein weiterer gewichtiger Industrieprozess bei der Entstehung prozessbedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen ist die Herstellung von Kalk. Hierzu wird Kalkstein zerkleinert und im Drehofen zu Branntkalk gebrannt. Bei diesem Prozess wird CO<sub>2</sub> freigesetzt (Abbildung 10). Gelöschter Kalk entsteht durch die anschließende Zugabe von Wasser, dieser Schritt ist aber nicht emissionswirksam.

**Abbildung 10 Schematische Darstellung der CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei der Kalkherstellung**



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Während die Emissionen der Zementklinkerproduktion im Zeitverlauf rückläufig waren, sind die der Kalkherstellung angestiegen. Bis zum Jahr 2000 wuchs der Anteil der Kalkherstellung an den hessischen prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen kontinuierlich bis auf 23,1 % (fast eine Verdreifachung). Danach schwankte ihr Anteil bis einschließlich 2009 um ein wieder niedrigeres Niveau von durchschnittlich 20,9 %. Seitdem haben die Emissionen deutlich zugenommen. Bewegten sie sich zwischen 2011 und 2018 um einen Emissionsanteil von durchschnittlich 59,5 %, überschreiten sie seit 2021 die Marke von 65 %.

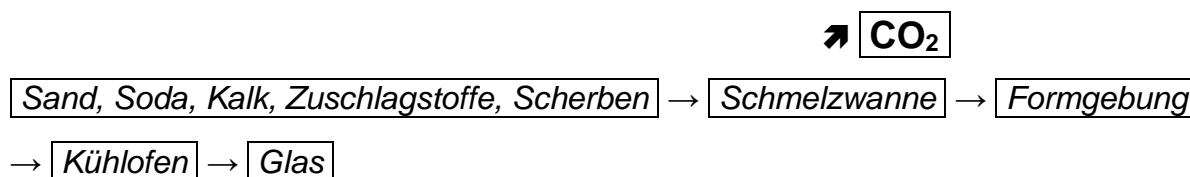
Im Jahr 2023 wurde mit 340 000 t CO<sub>2</sub> der dritthöchste Wert der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Kalkherstellung erreicht. Das waren 13 000 t bzw. 3,7 % weniger als im Vorjahr. Verglichen mit dem Höchststand im Jahr 2021 lag der CO<sub>2</sub>-Ausstoß 30 000 t bzw. 7,6 % niedriger. Im Vergleich zu 1990 haben sich die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kalkherstellung mehr als vervierfacht: 2023 lagen sie 250 000 t bzw. 301,2 % über dem Niveau des Basisjahres.

Der hessische Anteil an den gesamten prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der deutschen Kalkindustrie stieg bis zum Jahr 2000 auf einen zwischenzeitlichen Höhepunkt von 3,9 % an. Daraufhin sank er abrupt ab und verharrte von 2001 bis 2009 bei durchschnittlich 2,5 %. Seitdem ist er stark gestiegen und erreichte 2023 mit 8,9 % seinen Höchststand.

## 2.4 Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Herstellung von Glas

Zur Herstellung von Glas werden die Rohstoffe Kalk, Sand, Soda und weitere Zusatzstoffe sowie Glasscherben gemischt und in einer Schmelzwanne geschmolzen. Das flüssige Glas wird entsprechend des jeweiligen Produktionsprofils zu weiteren Produkten verarbeitet. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen entweichen den Karbonaten der Rohstoffe während des Schmelzprozesses (Abbildung 11).

**Abbildung 11 Schematische Darstellung der CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei der Glasherstellung**



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

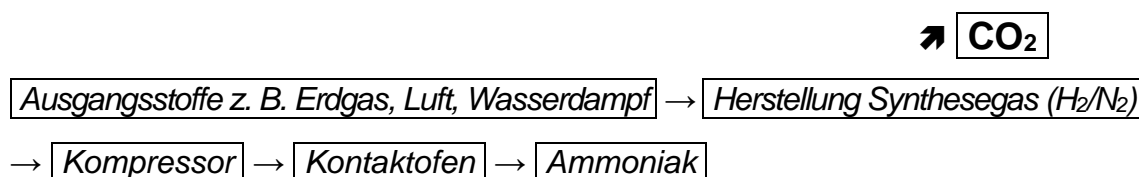
Glasbruch, der mit eingeschmolzen wird, erzeugt kein CO<sub>2</sub>. Für die Berechnungen des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes werden deshalb nur emissionsrelevante Rohstoffeinsatzmengen herangezogen. In Hessen spielen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Glasherstellungsprozessen nur eine untergeordnete Rolle.

Wegen der notwendigen statistischen Geheimhaltung im Falle von Einzelangaben können die ermittelten Werte nicht im Einzelnen ausgewiesen werden. Die bei der Glasherstellung emittierten CO<sub>2</sub>-Mengen werden jedoch in der Summe der prozessbedingten Emissionen berücksichtigt.

## 2.5 Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Herstellung von Ammoniak

Ammoniak wird als chemisches Zwischenprodukt vorwiegend für die Herstellung von Düngemitteln genutzt, Ammoniakwasser findet überwiegend als Reinigungsmittel Anwendung. Ammoniak ist eine chemische Verbindung aus Stickstoff und Wasserstoff. Die CO<sub>2</sub>-Freisetzung findet bei der Herstellung des Synthesegases H<sub>2</sub> für die Ammoniakproduktion statt (Abbildung 12).

**Abbildung 12 Schematische Darstellung der CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei der Ammoniakherstellung**



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

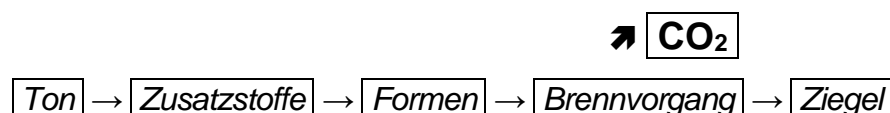
Ebenso wie bei der Glasherstellung fallen in Hessen kaum CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Ammoniakproduktion an. Die Produktion setzte in Hessen erst im Jahr 2001 ein.

Wegen der notwendigen statistischen Geheimhaltung im Falle von Einzelangaben können die ermittelten Werte nicht im Einzelnen ausgewiesen werden, sie werden jedoch in der Summe der prozessbedingten Emissionen berücksichtigt.

## 2.6 Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Herstellung von Mauer- und Dachziegeln

Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen der keramischen Industrie werden nur bei Mauer- und Dachziegeln ermittelt.<sup>5</sup> Rohstoff für die Herstellung von Mauer- und Dachziegeln sind in der Regel Lehme und Tone, die unterschiedliche Anteile an Kalkstein enthalten. Zur Ziegelherstellung werden dem Rohmaterial sogenannte Porosierungsmittel (u. a. Sägemehl, Papierfangstoffe, Polystyrol) beigemischt, die beim Brennen der Ziegel verbrennen und so gezielt Hohlräume hinterlassen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen hierbei sowohl aus den karbonatischen als auch aus den auf fossile Ausgangsstoffe zurückgehenden Bestandteilen des Rohstoffes (Abbildung 13).

**Abbildung 13 Schematische Darstellung der CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei der Ziegelherstellung**



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

In Hessen findet nach einer mehrjährigen Unterbrechung seit 2013 wieder eine Ziegelherstellung statt, die jedoch nur geringe Mengen CO<sub>2</sub> verursacht. Wegen der notwendigen statistischen Geheimhaltung im Falle von Einzelangaben können die ermittelten Werte nicht im Einzelnen ausgewiesen werden, sie werden jedoch in der Summe der prozessbedingten Emissionen berücksichtigt.

<sup>5</sup> Im NIR 2018 wurden erstmals nicht nur Produktionszahlen für Ziegel, sondern auch für andere keramische Produkte verwendet. Die Keramikindustrie in Deutschland ist allerdings sehr heterogen geprägt und umfasst eine Vielzahl an Produkten. Aufgrund einer sonst entsprechend umfangreichen Berechnung und der Tatsache, dass Ziegel mit etwa 80 % den überwiegenden Anteil der Keramikproduktion in Deutschland abdecken, werden für die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Rahmen des Länderarbeitskreises Energiebilanzen nur Dach- und Mauerziegel berücksichtigt.

### **3 Methanemissionen**

#### **3.1 Methode zur Ermittlung der Methanemissionen und Berechnungsstand**

Methan ( $\text{CH}_4$ ) ist ein unmittelbar klimawirksames Spurengas, welches zur Erwärmung der Erdatmosphäre beiträgt. Es wirkt auch indirekt als Vorläufersubstanz auf den Ozonabbau in der Stratosphäre. Daneben trägt es unter bestimmten Voraussetzungen ebenfalls zum Anstieg der Ozonkonzentration in der Troposphäre bei.

Etwa 40 % der weltweiten  $\text{CH}_4$ -Emissionen gehen auf natürliche Quellen zurück (UNEP 2021). Die wichtigsten natürlichen Quellen bilden Feuchtgebiete, vor allem in den Tropen. Die meisten der  $\text{CH}_4$ -Emissionen stammen aus anthropogenen Quellen, z. B. aus der Landwirtschaft, der Abfallwirtschaft und fossilen Brennstoffen. Die Tierhaltung trägt dabei zu 32 % der weltweiten anthropogenen  $\text{CH}_4$ -Emissionen bei, der Nassreisanbau zu 8 %. Darüber hinaus spielen die Gewinnung und der Transport von Gas, der Kohlebergbau sowie die Abfalldeponierung eine wichtige Rolle. In Deutschland trugen die  $\text{CH}_4$ -Emissionen 2023 mit 6,7 % zu den Treibhausgasfreisetzungen bei (ausgedrückt in  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten und ohne Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft; UBA 2025b).

Für die Berechnungen der  $\text{CH}_4$ -Emissionen in der hessischen Treibhausgasbilanz werden die anthropogenen Quellen berücksichtigt. Die Berechnung erfolgt analog zur internationalen Berichterstattung für die Sektoren:

- Energie,
- Prozesse und Produktanwendungen,
- Landwirtschaft,
- Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (siehe Kapitel 6),
- Abfall- und Abwasserwirtschaft.

Die Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen wird im Rahmen des AK UGRdL nach einer für alle Bundesländer einheitlichen Methode durchgeführt, die soweit möglich dem Vorgehen des NID folgt. Die Werte für 2023 sind als vorläufig zu bewerten. Durch die Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse kann es zu einer Neubewertung einzelner Emissionssektoren kommen, wodurch sich im Vergleich zu vergangenen Berichten Veränderungen der gesamten Zeitreihe ergeben können. Der gegenwärtige Berechnungsstand der hessischen  $\text{CH}_4$ -Emissionen basiert auf dem NID 2025.

Im Gegensatz zur Methodik bei den energiebedingten  $\text{CO}_2$ -Emissionen werden biogene Energieträger bei der Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen insoweit berücksichtigt, dass durch ihre Nutzung freigesetztes  $\text{CH}_4$  (z. B. diffuse Emissionen bei der Vergärung von Biomasse) in die Emissionsbilanzierung eingeht. Seit dem Bilanzjahr 2015 werden dazu für biogene Energieträger spezifische Emissionsfaktoren

verwendet. Für die Berechnung der einzelnen o. g. Emissionssektoren auf Ebene der Bundesländer gelten die folgenden methodischen Festsetzungen<sup>6</sup>:

*Energie:* Berücksichtigt werden Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe sowie flüchtige Emissionen aus der Energiegewinnung und -verteilung. Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen überall dort, wo stationäre oder mobile Feuerungsanlagen betrieben werden. Dies ist in der Energieerzeugung und -umwandlung, in der Industrie, im Verkehrssektor (ziviler Luftverkehr<sup>7</sup> und Straßen-, Schienen-, Schiffs- sowie sonstiger Verkehr) sowie in Haushalten und bei sonstigen Kleinverbrauchern der Fall. Flüchtige Emissionen entstehen im Kohlebergbau und Kohletagebau sowie bei der Gewinnung und Verteilung von Erdöl und Erdgas. Für die hessischen CH<sub>4</sub>-Emissionen ist hier nur die Verteilung von Erdgas relevant.

*Prozesse und Produktanwendungen:* Es werden prozessbedingte Emissionen aus der Herstellung von Industrieruß sowie aus petrochemischen Produkten und aus der Produktanwendung von Holzkohle einbezogen. Zukünftig ist außerdem die Berücksichtigung der prozessbedingten Emissionen aus der Stahlherstellung geplant.

*Landwirtschaft:* Es werden Emissionen aus der Viehhaltung (Verdauungsprozesse der Nutztierbestände) sowie Emissionen aus der Düngewirtschaft und der Vergärung von Energiepflanzen berücksichtigt. Hierfür wird auf die Daten des Johann Heinrich von Thünen-Instituts zurückgegriffen, die um Daten aus der amtlichen Statistik ergänzt werden.

*Abfall- und Abwasserwirtschaft:* Für die Abfallwirtschaft werden die Emissionen aus der Deponierung von Siedlungsabfällen sowie aus der Bioabfallbehandlung (Kompostierungsanlagen sowie Vergärungs- und Biogasanlagen) und aus mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen berücksichtigt. Die Emissionen aus biologischen Vergärungsprozessen werden je nach Verwendung der eingesetzten Biomasse teilweise in anderen Sektoren, z. B. in der Landwirtschaft, bilanziert (Vos, Rösemann et al. 2022: 60 f.). In der Abwasserwirtschaft werden die Emissionen aus Sickergruben sowie aus kommunalen und industriellen Kläranlagen berücksichtigt.

### 3.2 Die Methanemissionen im Einzelnen

Im Jahr 2023 wurden in Hessen knapp 57 000 t CH<sub>4</sub> emittiert. Seit 1990 haben sich die CH<sub>4</sub>-Emissionen kontinuierlich verringert. Zuletzt lagen sie 160 000 t bzw. 74,1 % unter dem Niveau von 1990 (Tabelle 7). Auf Bundesebene reduzierten sie sich prozentual etwas weniger stark: Hier lagen die CH<sub>4</sub>-Emissionen im Jahr 2023 um 3,2 Mio. t bzw. 66,3 % unter denen des Basisjahres.

Bezogen auf die Bevölkerung resultierten daraus 2023 für Hessen Pro-Kopf-Emissionen in Höhe von 8,9 kg CH<sub>4</sub>. Auf Bundesebene waren es pro Kopf 19,0 kg CH<sub>4</sub>. Jede Hessin bzw. jeder Hesse emittierte damit weniger als die Hälfte des Bundesdurchschnitts. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die

<sup>6</sup> Eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Rechenbereiche und verwendeten Datenquellen (auch für die Berechnung der Lachgasemissionen) enthält die Methodendokumentation des AK UGRdL unter [www.statistikportal.de/de/ugrdl](http://www.statistikportal.de/de/ugrdl).

<sup>7</sup> Für den Luftverkehr wird, wie für CO<sub>2</sub>, nur der nationale Anteil berücksichtigt.



Landwirtschaft als mengenmäßig größter CH<sub>4</sub>-Emittent in der hessischen Wirtschaftsstruktur weniger bedeutsam ist als in der bundesdeutschen.

**Tabelle 7 Methanemissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2023**

| Gebiet   | 1990      | 2000      | 2005      | 2010      | 2015      | 2020      | 2022      | 2023 <sup>1)</sup> | 1990/2023          |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|
| CH <sub>4</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> in t   |           |           |           |           |           |           |           |                    | Veränderungen in % |
| Hessen   | 219 842   | 146 656   | 107 379   | 87 127    | 76 690    | 61 153    | 57 757    | 56 845             | – 74,1             |
| Deutschland  | 4 765 130 | 3 462 431 | 2 623 434 | 2 178 728 | 2 028 509 | 1 710 560 | 1 632 333 | 1 604 768          | – 66,3             |
| Deutschland = 100  |           |           |           |           |           |           |           |                    |                    |
| Hessen   | 4,6       | 4,2       | 4,1       | 4,0       | 3,8       | 3,6       | 3,5       | 3,5                |                    |
| CH <sub>4</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einwohnerin bzw. Einwohner in kg  |           |           |           |           |           |           |           |                    | Veränderungen in % |
| Hessen   | 38,5      | 24,4      | 17,8      | 14,6      | 12,5      | 9,7       | 9,1       | 8,9                | – 76,9             |
| Deutschland  | 60,0      | 42,5      | 32,3      | 27,1      | 24,8      | 20,6      | 19,5      | 19,0               | – 68,4             |
| Deutschland = 100  |           |           |           |           |           |           |           |                    |                    |
| Hessen   | 64,0      | 57,4      | 55,3      | 53,8      | 50,3      | 47,3      | 46,7      | 46,7               |                    |
| 1) Für Hessen vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr; ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft. |           |           |           |           |           |           |           |                    |                    |

Quellen: UGRdL; Umweltbundesamt, NID 2025; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Die Entwicklung der hessischen CH<sub>4</sub>-Emissionen in den einzelnen (Unter-)Sektoren stellt Tabelle 8 dar. Gegenüber dem Vorjahr verlief sie 2023 in den einzelnen Sektoren unterschiedlich. Insgesamt nahmen die CH<sub>4</sub>-Emissionen um knapp 1 000 t bzw. 1,6 % ab.

Die Landwirtschaft hielt die CH<sub>4</sub>-Emissionen gegenüber 2022 konstant. Sie lagen damit 20 000 t bzw. 32,3 % unter dem Niveau von 1990. Im Jahr 2023 kamen 73,5 % der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Landwirtschaft. Der Großteil der CH<sub>4</sub>-Emissionen der Landwirtschaft geht auf Verdauungsprozesse der Viehbestände zurück. Sinkende Tierzahlen in Hessen, insbesondere der Rinderbestände, führten im Zeitverlauf zu einer Verringerung der Emissionen.

Die Energiegewinnung und -verteilung reduzierte 2023 ihre CH<sub>4</sub>-Emissionen. Im Vergleich zum Vorjahr sanken sie um 170 t bzw. 4,5 %. Gegenüber dem Basisjahr 1990 betrug der Rückgang 15 000 t bzw. 81,2 %. Die CH<sub>4</sub>-Emissionen in diesem Sektor beruhen vor allem auf diffusen Emissionen aus der Gasverteilung, die auf Basis der Rohrnetze bzw. Rohrnetzlängen ermittelt werden.

Zum Rückgang der CH<sub>4</sub>-Emissionen gegenüber dem Vorjahr trugen 2023 ebenfalls stationäre Feuerungsanlagen, die Abfallentsorgung sowie industrielle Prozesse und Produktanwendungen bei: Ihre Emissionen nahmen gegenüber dem Vorjahr um 660 t, 100 t bzw. 13 t (entsprechend 10,7 %, 3,9 % bzw. 5,0 %) ab.

**Tabelle 8 Methanemissionen in Hessen von 1990 bis 2023 nach Sektoren**

| Emissionssektor  | 1990   | 2000           | 2005           | 2010          | 2015          | 2020          | 2022          | 2023 <sup>1)</sup> |
|--|--|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|
|  | CH <sub>4</sub> -Emissionen in t                       |                |                |               |               |               |               |                    |
| Verkehr gesamt <sup>2)</sup>   | 4 501  | 1 763          | 1 199          | 935           | 907           | 744           | 754           | 757                |
| Stationäre Feuerungsanlagen  | 2 284  | 3 727          | 4 721          | 6 329         | 6 036         | 6 014         | 6 126         | 5 467              |
| Energiegewinnung/-verteilung   | 18 784   | 15 263         | 11 904         | 9 246         | 6 611         | 4 012         | 3 702         | 3 535              |
| Abwasserbeseitigung  | 5 132  | 3 754          | 3 697          | 3 263         | 2 995         | 2 623         | 2 661         | 2 670              |
| Abfallentsorgung   | 127 240  | 70 039         | 37 871         | 20 581        | 13 533        | 4 043         | 2 488         | 2 391              |
| Landwirtschaft   | 61 701   | 51 882         | 47 740         | 46 495        | 46 321        | 43 470        | 41 769        | 41 781             |
| Prozesse, Produktanwendungen   | 200  | 229            | 247            | 277           | 288           | 247           | 257           | 244                |
| <b>Methanemissionen insgesamt<sup>3)</sup></b>   | <b>219 842</b>   | <b>146 656</b> | <b>107 379</b> | <b>87 127</b> | <b>76 690</b> | <b>61 153</b> | <b>57 757</b> | <b>56 845</b>      |
|  | Struktur der CH <sub>4</sub> -Emissionen in %          |                |                |               |               |               |               |                    |
| Verkehr gesamt <sup>2)</sup>   | 2,0  | 1,2            | 1,1            | 1,1           | 1,2           | 1,2           | 1,3           | 1,3                |
| Stationäre Feuerungsanlagen  | 1,0  | 2,5            | 4,4            | 7,3           | 7,9           | 9,8           | 10,6          | 9,6                |
| Energiegewinnung/-verteilung   | 8,5  | 10,4           | 11,1           | 10,6          | 8,6           | 6,6           | 6,4           | 6,2                |
| Abwasserbeseitigung  | 2,3  | 2,6            | 3,4            | 3,7           | 3,9           | 4,3           | 4,6           | 4,7                |
| Abfallentsorgung   | 57,9   | 47,8           | 35,3           | 23,6          | 17,6          | 6,6           | 4,3           | 4,2                |
| Landwirtschaft   | 28,1   | 35,4           | 44,5           | 53,4          | 60,4          | 71,1          | 72,3          | 73,5               |
| Prozesse, Produktanwendungen   | 0,1  | 0,2            | 0,2            | 0,3           | 0,4           | 0,4           | 0,4           | 0,4                |
| <b>Methanemissionen insgesamt<sup>3)</sup></b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>     | <b>100</b>     | <b>100</b>    | <b>100</b>    | <b>100</b>    | <b>100</b>    | <b>100</b>         |
|  | Entwicklung der CH <sub>4</sub> -Emissionen 1990 = 100 |                |                |               |               |               |               |                    |
| Verkehr gesamt <sup>2)</sup>   | 100  | 39             | 27             | 21            | 20            | 17            | 17            | 17                 |
| Stationäre Feuerungsanlagen  | 100  | 163            | 207            | 277           | 264           | 263           | 268           | 239                |
| Energiegewinnung/-verteilung   | 100  | 81             | 63             | 49            | 35            | 21            | 20            | 19                 |
| Abwasserbeseitigung  | 100  | 73             | 72             | 64            | 58            | 51            | 52            | 52                 |
| Abfallentsorgung   | 100  | 55             | 30             | 16            | 11            | 3             | 2             | 2                  |
| Landwirtschaft   | 100  | 84             | 77             | 75            | 75            | 70            | 68            | 68                 |
| Prozesse, Produktanwendungen   | 100  | 114            | 124            | 139           | 144           | 124           | 129           | 122                |
| <b>Methanemissionen insgesamt<sup>3)</sup></b>   | <b>100</b>   | <b>67</b>      | <b>49</b>      | <b>40</b>     | <b>35</b>     | <b>28</b>     | <b>26</b>     | <b>26</b>          |
| 1) Vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr. – 3) Ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft. |  |                |                |               |               |               |               |                    |

Quellen: UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

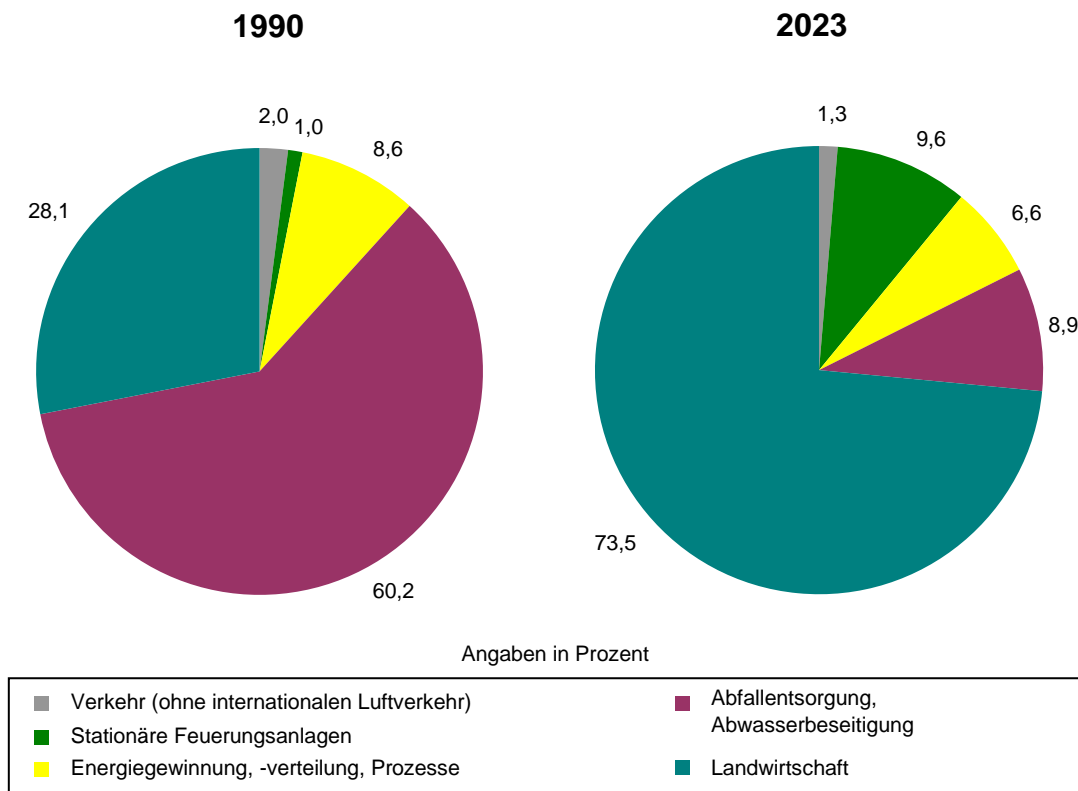
Gegenüber 1990 belief sich der Rückgang bei der Abfallentsorgung auf 125 000 t, das ist mit Abstand der größte Rückgang aller Emissionssektoren und entspricht einer Minderung um 98,1 %. Ursächlich hierfür sind die zunehmende Sammlung von Bioabfällen<sup>8</sup> und Wertstoffen sowie die getrennte Sammlung von Verpackungen und deren Verwertung. Nachdem die Deponierung von unbehandelten Siedlungsabfällen im Jahr 2005 verboten worden war, sind außerdem Siedlungsabfälle verstärkt verbrannt, die mechanisch-biologische Behandlung von Restabfällen ausgeweitet sowie die Fassung und Verwertung von Deponiegas verbessert worden. Die daraus resultierende Reduzierung der Ausgasung aus deponierten Siedlungsabfällen wirkte

<sup>8</sup> Die Emissionen aus der biologischen Abfallbehandlung (Kompostierungs-, Vergärungs- und Biogasanlagen) haben durch die zunehmende Sammlung und Nutzung von Bioabfällen seit 1990 stark zugenommen, jedoch auf vergleichsweise niedrigem Niveau. Im Jahr 2022 machten sie in Hessen 3,4 % der gesamten CH<sub>4</sub>-Emissionen aus.

sich deutlich auf die CH<sub>4</sub>-Emissionen der Abfallentsorgung aus.

Auf demselben Niveau blieben 2023 hingegen die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Verkehr und aus der Abwasserbeseitigung. Sie spielen für das CH<sub>4</sub>-Emissionsgeschehen mengenmäßig eine untergeordnete Rolle. In der Summe nahmen sie gegenüber 2022 geringfügig um 12 t bzw. 0,3 % zu. Im Vergleich zum Basisjahr 1990 gingen sie indessen um 6 000 t bzw. 64,4 % zurück.

**Abbildung 14 Struktur der Methanemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2023**



Quellen: UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; vorläufige Werte für 2023.

Die sektorale Struktur der CH<sub>4</sub>-Emissionen hat sich seit 1990 deutlich verändert (Abbildung 14). Damals waren Abfallentsorgung und Abwasserbeseitigung für 60,2 % der CH<sub>4</sub>-Emissionen in Hessen verantwortlich. Der Anteil des Sektors ist insbesondere aufgrund der beschriebenen Entwicklung bei der Deponierung von Siedlungsabfällen deutlich gesunken, 2023 betrug er nur noch 8,9 %. Der Emissionsanteil der Landwirtschaft ist deutlich gestiegen, von 28,1 % im Jahr 1990 auf 73,5 % 2023. Hier gingen die absoluten CH<sub>4</sub>-Emissionen über den gesamten Betrachtungszeitraum kontinuierlich zurück, allerdings nicht so stark wie die Gesamtemissionen. Auch bei der „Energiegewinnung, und -verteilung“ zeigte sich dies bis 2004. Seit 2012 ist hier der Rückgang der absoluten CH<sub>4</sub>-Emissionen allerdings so groß, dass der Anteil zusehends abnimmt. Dagegen nahm der Anteil der stationären Feuerungsanlagen deutlich zu. Dies ist der einzige Sektor, in dem seit 1990 eine nennenswerte absolute Emissionszunahme erfolgte. Der Emissionsanteil des Verkehrssektors nahm um ein Drittel ab, jedoch auf vergleichsweise niedrigem Niveau.

Bei einem Vergleich der sektoralen Emissionsanteile zwischen Hessen und Deutschland fallen geringe Unterschiede auf. Die Landwirtschaft hat in Deutschland mit 75,8 % einen um 2,3 Prozentpunkte höheren Anteil an den CH<sub>4</sub>-Emissionen als in Hessen. Dies spiegelt sich auch in einem größeren Gewicht des Sektors auf Bundesebene in Bezug auf die Bruttowertschöpfung und die Beschäftigtenzahl wider (siehe Tabelle 17 und Tabelle 18 im Anhang). Die Energie (Summe aus Energiegewinnung/-verteilung sowie stationären und mobilen Feuerungsanlagen) hat hingegen in Deutschland mit 13,4 % einen um 2,9 Prozentpunkte geringeren Emissionsanteil als in Hessen. Am geringsten fällt der Unterschied im Bereich Abfall- und Abwasserwirtschaft aus. Hier liegt der Anteil auf Bundesebene mit 9,1 % um 0,2 Prozentpunkte über dem Emissionsanteil in Hessen. Prozesse und Produktanwendungen spielen in Bezug auf die CH<sub>4</sub>-Emissionen in Hessen und in Deutschland eine untergeordnete Rolle.

## **4 Lachgasemissionen**

### **4.1 Methode zur Ermittlung der Lachgasemissionen und Berechnungsstand**

Distickstoffoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) oder Lachgas zählt zu den klimarelevanten Gasen. Mit durchschnittlich über 100 Jahren hat  $\text{N}_2\text{O}$  eine relativ hohe atmosphärische Verweilzeit und ein hohes Treibhauspotenzial. Es setzt sich in der Stratosphäre außerdem mit dem dort vorhandenen Ozon zu Stickstoffmonoxid um und trägt so zum Ozonabbau bei. Die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen trugen 2023 in Deutschland mit 3,6 % zu den gesamten Treibhausgasfreisetzungen bei (ausgedrückt in  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten und ohne Berücksichtigung von Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft; UBA 2025b).

Die mit Abstand wichtigste Quelle der anthropogenen  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen ist die Landwirtschaft (Viehhaltung, Düngemittel). Außerhalb der Landwirtschaft spielen auch Verbrennungsprozesse in mobilen Feuerungsanlagen (überwiegend im Straßenverkehr) eine Rolle. Ein  $\text{N}_2\text{O}$ -Ausstoß erfolgt außerdem in stationären Feuerungsanlagen, bei der Produktanwendung von Narkosemitteln und in der Abwasserbehandlung. Alle anderen Sektoren und Anwendungsbereiche sind mengenmäßig von untergeordneter Bedeutung.

Die Berechnung der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen wird im Rahmen des AK UGRdL nach einer für alle Bundesländer einheitlichen Methode durchgeführt, die soweit möglich dem Vorgehen des NID folgt. Die Werte für 2023 sind als vorläufig zu bewerten. Die Berücksichtigung biogener Energieträger erfolgt analog zum zuvor genannten Vorgehen bei den  $\text{CH}_4$ -Emissionen. Durch die Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse kann es zu einer Neubewertung einzelner Emissionssektoren kommen, wodurch sich im Vergleich zu vergangenen Berichten Veränderungen der gesamten Zeitreihe ergeben können. Der gegenwärtige Berechnungsstand der hessischen  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen basiert auf dem NID 2025.

Für die Sektoren „Verkehr“, „Stationäre Feuerungsanlagen“, „Abwasserbeseitigung“ und „Abfallentsorgung“ erfolgt das Vorgehen überwiegend analog zur Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen (siehe Abschnitt 3.1), hierbei werden die spezifischen  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktoren verwendet. Für die Abfallentsorgung fallen jedoch keine  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus der Deponierung von Siedlungsabfällen an. In der Landwirtschaft fallen keine  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus Verdauungsprozessen des Tierbestands an, dafür wird zusätzlich die landwirtschaftliche Bodennutzung einbezogen. Im Sektor „Prozesse und Produktanwendungen“ stehen Emissionen aus der Narkosemittelproduktion im Vordergrund, im Sektor „Energiegewinnung und -verteilung“ fallen keine  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen an.

### **4.2 Die Lachgasemissionen im Einzelnen**

Im Jahr 2023 wurden in Hessen gut 3 000 t  $\text{N}_2\text{O}$  freigesetzt. Die Emissionen sanken damit im Vergleich zum Vorjahr um 3,9 % (Tabelle 9). Im Vergleich zu 1990 reduzierten sich die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen um 1 000 t bzw. 23,6 %. Der hessische Anteil an

den N<sub>2</sub>O-Emissionen Deutschlands lag 2023 bei 3,7 % und damit 0,5 Prozentpunkte über dem durchschnittlichen Wert im Betrachtungszeitraum. Dieser Anteil hat sich seit 1990 um 1,5 Prozentpunkte erhöht, das heißt der Rückgang der N<sub>2</sub>O-Emissionen in Hessen ist weniger stark als im gesamten Bundesgebiet.

Der Großteil der hessischen N<sub>2</sub>O-Emissionen ist auf landwirtschaftliche Bodennutzung zurückzuführen. Die auf Ebene der Bundesländer ausgewiesenen Mengen, die aus dem jeweils verwendeten Stickstoffdünger hervorgehen, spiegeln jedoch nur bedingt die tatsächlichen regional entstehenden Emissionen von N<sub>2</sub>O wider, da die tatsächliche Ausbringung auf den Feldern nicht abgebildet werden kann.

**Tabelle 9 Lachgasemissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2023**

| Gebiet  | 1990    | 2000    | 2005    | 2010    | 2015    | 2020   | 2022   | 2023 <sup>1)</sup> | 1990/2023          |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|
| N <sub>2</sub> O-Emissionen <sup>2)</sup> in t                                |         |         |         |         |         |        |        |                    | Veränderungen in % |
| Hessen  | 4 412   | 4 207   | 3 819   | 3 750   | 3 938   | 3 630  | 3 508  | 3 370              | – 23,6             |
| Deutschland   | 195 674 | 127 123 | 131 432 | 109 029 | 111 969 | 99 665 | 95 668 | 90 286             | – 53,9             |
| Deutschland = 100   |         |         |         |         |         |        |        |                    |                    |
| Hessen  | 2,3     | 3,3     | 2,9     | 3,4     | 3,5     | 3,6    | 3,7    | 3,7                |                    |
| N <sub>2</sub> O-Emissionen <sup>2)</sup> je Einwohnerin bzw. Einwohner in kg |         |         |         |         |         |        |        |                    | Veränderungen in % |
| Hessen  | 0,8     | 0,7     | 0,6     | 0,6     | 0,6     | 0,6    | 0,6    | 0,5                | – 31,8             |
| Deutschland   | 2,5     | 1,6     | 1,6     | 1,4     | 1,4     | 1,2    | 1,1    | 1,1                | – 56,7             |
| Deutschland = 100   |         |         |         |         |         |        |        |                    |                    |
| Hessen  | 31,3    | 44,8    | 39,2    | 46,3    | 46,8    | 48,2   | 48,4   | 49,2               |                    |

1) Für Hessen vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr; ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft.

Quellen: UGRdL; Umweltbundesamt, NID 2025; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

In Deutschland reduzierten sich die N<sub>2</sub>O-Emissionen 2023 gegenüber dem Vorjahr um gut 5 000 t bzw. 5,6 %. Im Vergleich zu 1990 waren sie 110 000 t bzw. 53,9 % niedriger. Die hessischen N<sub>2</sub>O-Emissionen sanken bis 2004 deutlich, während sie sich anschließend bis 2018 auf einem konstanten Niveau hielten und seit 2019 einem erkennbaren Reduktionspfad folgen. Auf Bundesebene sind zwei markante Emissionsrückgänge erkennbar – beide gehen auf die chemische Industrie zurück. Ende der neunziger Jahre und Ende der 2000er Jahre reduzierte der Sektor seine N<sub>2</sub>O-Emissionen sehr deutlich und dauerhaft: Im Jahr 2023 waren die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der chemischen Industrie 71 000 t bzw. 98,9 % niedriger als 1990. Die insgesamt rückläufigen N<sub>2</sub>O-Emissionen in Deutschland sind damit überwiegend auf die Emissionsentwicklung der chemischen Industrie zurückzuführen.

Rechnerisch verursachte jede Hessin bzw. jeder Hesse 2023 durchschnittlich 0,5 kg N<sub>2</sub>O-Emissionen, auf Bundesebene waren es 1,1 kg pro Kopf. Die Pro-Kopf-Emissionen der hessischen Bevölkerung waren mit 49,2 % etwa halb so groß wie die bundesdeutschen. Wie bei den CH<sub>4</sub>-Emissionen ist das überwiegend auf die geringere Bedeutung der Landwirtschaft in der hessischen Wirtschaftsstruktur zurückzuführen.

Wenngleich die absoluten N<sub>2</sub>O-Emissionen im Vergleich zu CH<sub>4</sub> oder CO<sub>2</sub> gering sind, sollte bei einer Bewertung der Emissionsmengen berücksichtigt werden, dass N<sub>2</sub>O das mit Abstand höchste Treibhauspotential der drei Stoffe hat (siehe Kapitel 6). Umgerechnet entsprechen die hessischen Pro-Kopf-Emissionen von 0,5 kg N<sub>2</sub>O etwa 139,4 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Kopf. Durch die hohe Klimawirksamkeit können also bereits geringe N<sub>2</sub>O-Mengen einen erkennbaren Einfluss auf das gesamte Emissionsgeschehen haben.

**Tabelle 10 Lachgasemissionen in Hessen von 1990 bis 2023 nach Sektoren**

| Emissionssektor   | 1990         | 2000         | 2005         | 2010         | 2015         | 2020         | 2022         | 2023 <sup>1)</sup> |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| N <sub>2</sub> O-Emissionen in t                        |              |              |              |              |              |              |              |                    |
| Verkehr gesamt <sup>2)</sup>                            | 265          | 470          | 276          | 357          | 440          | 464          | 477          | 483                |
| Feuerungsanlagen  | 367          | 350          | 364          | 380          | 343          | 322          | 333          | 295                |
| Abfall-/Abwasserwirtschaft                              | 307          | 535          | 592          | 507          | 590          | 630          | 633          | 642                |
| Landwirtschaft  | 2 990        | 2 559        | 2 456        | 2 403        | 2 481        | 2 133        | 1 966        | 1 900              |
| <i>darunter</i>   |              |              |              |              |              |              |              |                    |
| <i>Bodennutzung</i>                                     | 2 270        | 1 963        | 1 872        | 1 822        | 1 936        | 1 646        | 1 501        | 1 433              |
| <i>Wirtschaftsdünger</i>                                | 719          | 595          | 577          | 556          | 522          | 474          | 454          | 457                |
| Prozesse, Produktanwendungen                            | 483          | 292          | 132          | 103          | 84           | 81           | 99           | 50                 |
| <b>N<sub>2</sub>O-Emissionen insgesamt<sup>3)</sup></b> | <b>4 412</b> | <b>4 207</b> | <b>3 819</b> | <b>3 750</b> | <b>3 938</b> | <b>3 630</b> | <b>3 508</b> | <b>3 370</b>       |
| Struktur der N <sub>2</sub> O-Emissionen in %           |              |              |              |              |              |              |              |                    |
| Verkehr gesamt <sup>2)</sup>                            | 6,0          | 11,2         | 7,2          | 9,5          | 11,2         | 12,8         | 13,6         | 14,3               |
| Feuerungsanlagen  | 8,3          | 8,3          | 9,5          | 10,1         | 8,7          | 8,9          | 9,5          | 8,7                |
| Abfall-/Abwasserwirtschaft                              | 7,0          | 12,7         | 15,5         | 13,5         | 15,0         | 17,4         | 18,0         | 19,0               |
| Landwirtschaft  | 67,8         | 60,8         | 64,3         | 64,1         | 63,0         | 58,8         | 56,0         | 56,4               |
| <i>darunter</i>   |              |              |              |              |              |              |              |                    |
| <i>Bodennutzung</i>                                     | 51,5         | 46,7         | 49,0         | 48,6         | 49,2         | 45,3         | 42,8         | 42,5               |
| <i>Wirtschaftsdünger</i>                                | 16,3         | 14,1         | 15,1         | 14,8         | 13,2         | 13,1         | 12,9         | 13,5               |
| Prozesse, Produktanwendungen                            | 11,0         | 6,9          | 3,5          | 2,8          | 2,1          | 2,2          | 2,8          | 1,5                |
| <b>N<sub>2</sub>O-Emissionen insgesamt<sup>3)</sup></b> | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>         |
| Entwicklung der N <sub>2</sub> O-Emissionen 1990 = 100  |              |              |              |              |              |              |              |                    |
| Verkehr gesamt <sup>2)</sup>                            | 100          | 177          | 104          | 135          | 166          | 175          | 180          | 182                |
| Feuerungsanlagen  | 100          | 95           | 99           | 103          | 93           | 88           | 91           | 80                 |
| Abfall-/Abwasserwirtschaft                              | 100          | 174          | 193          | 165          | 192          | 205          | 206          | 209                |
| Landwirtschaft  | 100          | 86           | 82           | 80           | 83           | 71           | 66           | 64                 |
| <i>darunter</i>   |              |              |              |              |              |              |              |                    |
| <i>Bodennutzung</i>                                     | 100          | 86           | 82           | 80           | 85           | 72           | 66           | 63                 |
| <i>Wirtschaftsdünger</i>                                | 100          | 83           | 80           | 77           | 73           | 66           | 63           | 63                 |
| Prozesse, Produktanwendungen                            | 100          | 60           | 27           | 21           | 17           | 17           | 20           | 10                 |
| <b>N<sub>2</sub>O-Emissionen insgesamt<sup>3)</sup></b> | <b>100</b>   | <b>95</b>    | <b>87</b>    | <b>85</b>    | <b>89</b>    | <b>82</b>    | <b>80</b>    | <b>76</b>          |

1) Vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr. – 3) Ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft.

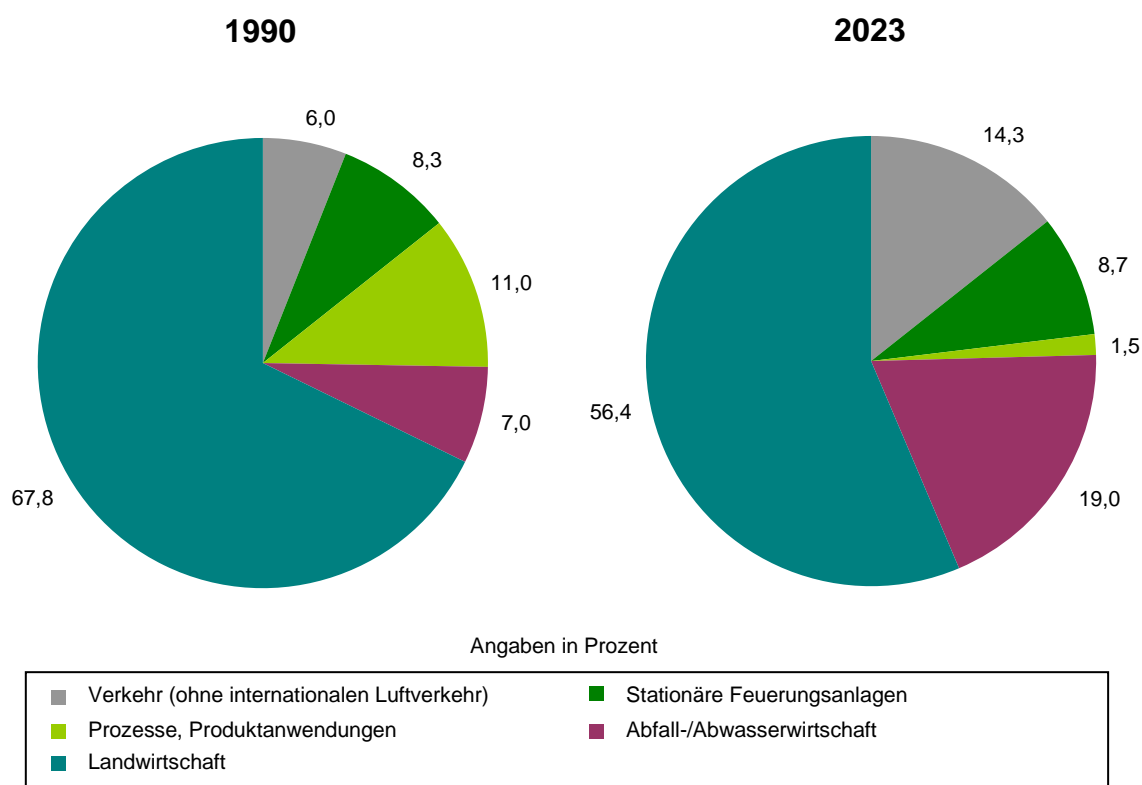
Quellen: UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Tabelle 10 zeigt die Entwicklung der hessischen N<sub>2</sub>O-Emissionen in den einzelnen Emissionssektoren. Darin ist erkennbar, dass sich die (Unter-) Sektoren gegenüber dem Vorjahr nur leicht verändert haben. Die größten absoluten Veränderungen traten jeweils mit einer Reduktion um 66 t N<sub>2</sub>O im Bereich der Landwirtschaft und um 49 t N<sub>2</sub>O im Bereich Prozesse und Produktanwendungen auf.

Die sektoralen Anteile an den N<sub>2</sub>O-Emissionen haben sich zwischen 1990 und 2023 nicht so deutlich verändert wie bei den CH<sub>4</sub>-Emissionen (Abbildung 15). Die Landwirtschaft trug 2023 mit 56,4 % weiterhin den mit Abstand größten Anteil bei. Allerdings trug sie mit ihrer Minderung um 1 000 t bzw. 36,4 % seit 1990 auch den größten Teil zum Rückgang der hessischen N<sub>2</sub>O-Emissionen bei. Zu einem Rückgang kam es ebenfalls im Bereich Prozesse und Produktanwendungen. Diese Entwicklung fand jedoch überwiegend vor 2010 statt. In den Jahren bis 2022 schwankten die N<sub>2</sub>O-Emissionen des Sektors um knapp ein Fünftel des Basiswerts, um sich 2023 zu halbieren. Im Gegensatz dazu stieg der Beitrag des Verkehrssektors bis 1995 stark an, kehrte anschließend bis 2005 fast auf das Niveau des Basisjahres zurück. Danach nahm er erneut deutlich zu. Erst im Jahr 2020 nahm er wieder merklich ab, um ausgehend von dem niedrigeren Niveau den wachsenden Trend fortzusetzen. Die N<sub>2</sub>O-Emissionen des Verkehrssektors übertrafen 2023 wieder das Niveau von 2017.

Die sektoralen Anteile der N<sub>2</sub>O-Emissionen sind in Hessen und Deutschland ähnlich. Sie unterscheiden sich vor allem darin, dass der Sektor Verkehr in Hessen höhere und die Landwirtschaft niedrigere Anteile besitzt als in Deutschland.

**Abbildung 15 Struktur der Lachgasemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2023**



Quellen: UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; vorläufige Werte für 2023.



## 5 F-Gas-Emissionen

In die hessische Treibhausgasbilanz wurden für das Bilanzjahr 2019 erstmalig die Treibhausgasemissionen der F-Gase integriert. Die Bezeichnung „F-Gase“ steht für fluorierte Treibhausgase und umfasst teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW), vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), Schwefelhexafluorid ( $\text{SF}_6$ ) und Stickstofftrifluorid ( $\text{NF}_3$ ). F-Gase werden in verschiedenen Sektoren und Anwendungen verwendet, häufig als Ersatz für ozonabbauende Stoffe, deren Nutzung seit der Verabschiedung des Montrealer Protokolls<sup>9</sup> 1987 reduziert wird. F-Gase besitzen eine starke Treibhausgaswirkung: Ihre GWP-Werte sind bis zu 24 000-mal größer als die von Kohlendioxid (UBA 2025c).

Während die anderen Treibhausgase meist als unerwünschte Nebenprodukte freigesetzt werden, zum Beispiel bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe, werden fluorierte Treibhausgase zum überwiegenden Teil gezielt produziert und genutzt. Eingesetzt werden sie bis heute u. a. als Kältemittel in Kälte- und Klimaanlage, als Treibgas in Sprays, als Treibmittel in Schäumen und Dämmstoffen und als Feuerlöschmittel.

Die Emissionen der F-Gase trugen 2023 in Deutschland 1,4 % zu den gesamten Treibhausgasemissionen bei (ausgedrückt in  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten und ohne Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft). Seit dem Höchststand im Jahr 1995 sind die fluorierten Treibhausgasemissionen um 41,4 % gesunken. Daraus sticht eine zunehmende Verwendung von  $\text{NF}_3$  in der Halbleiterproduktion hervor. Die Entwicklung der einzelnen Substanzgruppen verläuft recht inhomogen und hängt jeweils von der Einführung neuer Technologien, von der Verwendung bestimmter Stoffe als Substitute und von wirksamen gesetzlichen Regelungen, z. B. Mengenbeschränkungen, ab (UBA 2025b).

Die Berechnung der F-Gas-Emissionen basiert auf den Bundeswerten (NID) und erfolgt gemäß einer für alle Bundesländer einheitlichen Methode. Dazu werden im Rahmen des AK UGRdL die F-Gas-Emissionen des Bundes anhand der Bevölkerung auf die Bundesländer aufgeteilt. Eine Untergliederung in Stoffgruppen sowie Emissionssektoren liegt auf Länderebene nicht vor. Der gegenwärtige Berechnungsstand der hessischen F-Gas-Emissionen basiert auf dem NID 2025.

Tabelle 11 bildet die Treibhausgasemissionen der F-Gase in Hessen und Deutschland zwischen 1990 und 2023 ab. Die abgebildeten Mengen sind die Summen der verschiedenen F-Gase. Die Emissionen werden direkt in  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten ( $\text{CO}_2\text{äq}$ ) ausgewiesen, da die Treibhauspotenziale (GWP) der fluorierten Treibhausgase je nach Substanz stark variieren.

<sup>9</sup> Die unterzeichnenden 24 Staaten sowie die Europäische Gemeinschaft verpflichteten sich 1987 mit dem Montrealer Protokoll, aus der Nutzung von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) auszusteigen und so die weitere Zerstörung der Ozonschicht durch diese Stoffe zu stoppen. Im Oktober 2016 wurde das Abkommen auch um HFKW erweitert. In der EU sollten teilfluorierte Kohlenwasserstoffe zunächst bis zum Jahr 2023 um 79 % reduziert werden (Verordnung (EU) Nr. 517/2014). Ihre in Verkehr gebrachten Mengen sollen bis zum Jahr 2050 vollständig durch klimafreundliche Alternativen ersetzt werden (Verordnung (EU) 2024/573 – F-Gas-Verordnung).

**Tabelle 11 F-Gas-Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2023**

| Gebiet      | 1990  | 1995   | 2000   | 2005   | 2010   | 2015   | 2020   | 2022  | 2023  | 1990/2023             |
|-------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-----------------------|
|             | F-Gas-Emissionen in 1 000 t CO <sub>2</sub> -Äquivalenten |        |        |        |        |        |        |       |       | Veränderungen<br>in % |
| Hessen      | 888   | 1 177  | 940    | 1 006  | 1 015  | 1 092  | 871    | 749   | 712   | – 19,8                |
| Deutschland | 12 324  | 16 022 | 12 736 | 13 579 | 13 648 | 14 533 | 11 510 | 9 892 | 9 395 | – 23,8                |
|             | Deutschland = 100   |        |        |        |        |        |        |       |       |                       |
| Hessen      | 7,2   | 7,3    | 7,4    | 7,4    | 7,4    | 7,5    | 7,6    | 7,6   | 7,6   |                       |

Quellen: UGRdL; Umweltbundesamt, NID 2025; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Im Jahr 2023 wurden in Hessen F-Gase mit einem Umfang, der 710 000 t CO<sub>2</sub>äq entspricht, freigesetzt. Damit gingen ihre Emissionen im Vergleich zum Vorjahr um 4,9 % zurück und setzten den seit 2018 zu beobachtenden Abwärtstrend weiter fort. Im Vergleich zu 1990 sanken die F-Gas-Emissionen um 180 000 t CO<sub>2</sub>äq bzw. 19,8 %. Ihren Höchststand erreichten die F-Gase 1995 mit 1,2 Mio. t CO<sub>2</sub>äq. Im Vergleich zu diesem späteren Stand (vom NID als Basisjahr der F-Gase definiert) sind die F-Gas-Emissionen in Hessen um 39,5 % zurückgegangen. Auf Bundesebene reduzierten sie sich noch etwas stärker: Hier lagen die F-Gas-Emissionen im Jahr 2023 um 6,6 Mio. t CO<sub>2</sub>äq bzw. 41,4 % unter dem Höchststand des Jahres 1995.

Grund für den ab 2018 zu beobachtenden Rückgang sind gesetzliche Regelungen, die die Verwendung der F-Gase limitieren. Zusätzlich wurden Emissionsminderungen bei der Herstellung von Primäraluminium, Halbleitern, der auslaufenden Anwendung in Autoreifen, der Produktion von Schallschutzscheiben und bei Anlagen zur Elektrizitätsübertragung erreicht. Allerdings stiegen die Emissionen zwischenzeitlich in den Jahren 2000 bis 2017. Dies beruht vor allem auf dem verstärkten Einsatz von HFKW als Kältemittel in Kälte- und Klimaanlageanlagen.

## **6 Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)**

Die hessische Treibhausgasbilanz betrachtet seit dem Bilanzjahr 2015 Daten für den Berichtssektor „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“ (Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF). Da auf internationaler Ebene noch keine verbindliche Übereinkunft über die Verrechnung der Netto-Emissionen des Berichtssektors LULUCF mit den Emissionen der anderen Sektoren besteht, erfolgt die Ausweisung nachrichtlich, d. h. die in diesem Sektor anfallenden Treibhausgasemissionen oder -senken gehen nicht in die hessische Gesamtbilanz ein.

Die ausgewiesenen Daten des LULUCF-Sektors in Hessen basieren auf den Berechnungen des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (Thünen-Institut), die auch im NID verwendet werden. Diese Daten stellt das Thünen-Institut den Mitgliedern des AK UGRdL zur Verfügung. Das Berechnungsmodell wurde in den letzten Jahren fortlaufend weiterentwickelt, wodurch sich die Qualität der auf Ebene der Bundesländer ausgewiesenen Daten verbessert hat. Durch die Überarbeitung der Methode und die Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse können sich im Vergleich zu vergangenen Berichten Veränderungen der gesamten Zeitreihe ergeben.

So berücksichtigte die Methodenumstellung 2021 beispielsweise erstmalig den jährlichen Holzeinschlag, welcher neben Bewirtschaftungsfaktoren stark abhängig von Schadereignissen ist. Die Serie von Orkanen in Deutschland 1990 fließt somit nun in die Berechnung mit ein: Durch hohen Holzeinschlag kam es 1990 zu einer außergewöhnlich geringen Kohlenstoffspeicherung.

Grundlage der Berechnung ist eine Landnutzungsmatrix, die auf einem regelmäßigen Raster von Stichprobenpunkten basiert. Auf dieser Basis werden für die gesamte Fläche der Bundesrepublik alle Landnutzungen und Landnutzungsänderungen erfasst. Das verwendete Raster ermöglicht eine Ausweisung der Ergebnisse auf Ebene der Bundesländer. Die Berechnung der anfallenden Treibhausgasemissionen oder -senken erfolgt mit für die einzelnen Landnutzungskategorien spezifischen Emissionsfaktoren. Eine detaillierte Beschreibung der Daten und Berechnung enthält Kapitel 6 des NID 2025.

Um eine vergleichbare Emissionsbewertung der abgebildeten Treibhausgase zu ermöglichen, werden die CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Mengen anhand ihres Treibhauspotentials („Global Warming Potential“, GWP) in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet. Tabelle 12 bildet die Mengen der Treibhausgasemissionen bzw. -senken des LULUCF-Sektors in Hessen zwischen 1990 und 2023 nach Treibhausgasen ab. Die abgebildeten Mengen sind die Summen der verschiedenen Landnutzungsformen, wie z. B. Wald, Grün- und Ackerland oder Siedlungen (siehe NID für eine vollständige Übersicht der verschiedenen Landnutzungsformen).

Der LULUCF-Sektor wirkte im Betrachtungszeitraum bis 2017 in Hessen als Kohlenstoffsénke, indem er große Mengen CO<sub>2</sub> aufnahm und speicherte. Ab 2018 stellte der LULUCF-Sektor eine Kohlenstoffquelle dar. Die Netto-Emissionen des Sektors (ausgestoßene Treibhausgase minus gespeicherte Treibhausgase) betrugen 2023 insgesamt 3,8 Mio. t CO<sub>2</sub>äq, das heißt es wurde weniger CO<sub>2</sub> aufgenommen als

CO<sub>2</sub> sowie – in geringem Umfang – CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O ausgestoßen. Die Senkenwirkung ist hauptsächlich auf die CO<sub>2</sub>-Speicherung in Form von Biomasse in Wäldern bzw. der Abbau dieser Kohlenstoffvorräte ist auf das Absterben der Bäume und Holzeinschlag zurückzuführen. Gehölze, die zur Landnutzungsform Grünland zählen, und Siedlungen speicherten im gesamten Betrachtungszeitraum mehr CO<sub>2</sub> als sie ausstießen. Dagegen wurde durch Landnutzung in Form von Ackerland deutlich mehr CO<sub>2</sub> ausgestoßen als aufgenommen. Bis 2017 ging die jährliche CO<sub>2</sub>-Aufnahme des LULUCF-Sektors, mit Schwankungen, gegenüber 1991 – aufgrund hohen Sturmaufkommens gilt 1990 für CO<sub>2</sub> als Ausreißer – um 3,3 Mio. t CO<sub>2</sub> bzw. 60,7 % auf 2,2 Mio. t CO<sub>2</sub> zurück. 2018 wechselten die Netto-Emissionen das Vorzeichen, und der Sektor gab abrupt 5,5 Mio. t CO<sub>2</sub> mehr ab als er aufnahm. Ausgehend von diesem Wert gingen die Netto-Emissionen bis 2023 um 1,8 Mio. t CO<sub>2</sub> bzw. 32,3 % zurück und betrugen zuletzt 3,7 Mio. t CO<sub>2</sub>. Gegenüber der Netto-CO<sub>2</sub>-Aufnahme im Jahr 1991 entspricht das einer Differenz von 9,2 Mio. t CO<sub>2</sub>.

**Tabelle 12 Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft in Hessen von 1990 bis 2023**

| Treibhausgas  | Chemische Formel | GWP | 1990  | 1991           | 2000           | 2005           | 2010           | 2015           | 2020         | 2022         | 2023         |
|---|------------------|-----|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|   |                  |     | Emissionen in 1 000 t CO <sub>2</sub> -Äquivalenten |                |                |                |                |                |              |              |              |
| Kohlendioxid  | CO <sub>2</sub>  | 1   | - 1 171   | - 5 493        | - 3 247        | - 1 859        | - 3 586        | - 3 073        | 5 539        | 3 876        | 3 706        |
| Methan  | CH <sub>4</sub>  | 28  | 28  | 27             | 30             | 28             | 29             | 27             | 27           | 28           | 28           |
| Lachgas   | N <sub>2</sub> O | 265 | 19  | 19             | 19             | 25             | 18             | 18             | 23           | 24           | 31           |
| <b>Insgesamt</b>  |                  |     | <b>- 1 125</b>                                      | <b>- 5 448</b> | <b>- 3 199</b> | <b>- 1 806</b> | <b>- 3 538</b> | <b>- 3 028</b> | <b>5 588</b> | <b>3 927</b> | <b>3 765</b> |
| Anmerkung: Negative Werte entsprechen Emissionssenkungen. |                  |     |   |                |                |                |                |                |              |              |              |

Quelle: Thünen-Institut.

In keiner Landnutzungsform erfolgte eine Speicherung von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O, das heißt diese Stoffe fielen ausschließlich als Emissionen an. Ein CH<sub>4</sub>- bzw. N<sub>2</sub>O-Ausstoß erfolgte vor allem durch Landnutzung in Form von Wald, Ackerland sowie in Feuchtgebieten und Siedlungen. Der CH<sub>4</sub>-Ausstoß lag 2023 insgesamt um fast 1 000 t CO<sub>2</sub>äq bzw. 2,6 % höher als 1990. Der N<sub>2</sub>O-Ausstoß nahm im selben Zeitraum um 12 000 t CO<sub>2</sub>äq bzw. 63,0 % zu. Diese Emissionen spielen gegenüber den CO<sub>2</sub>-Mengen jedoch eine untergeordnete Rolle.

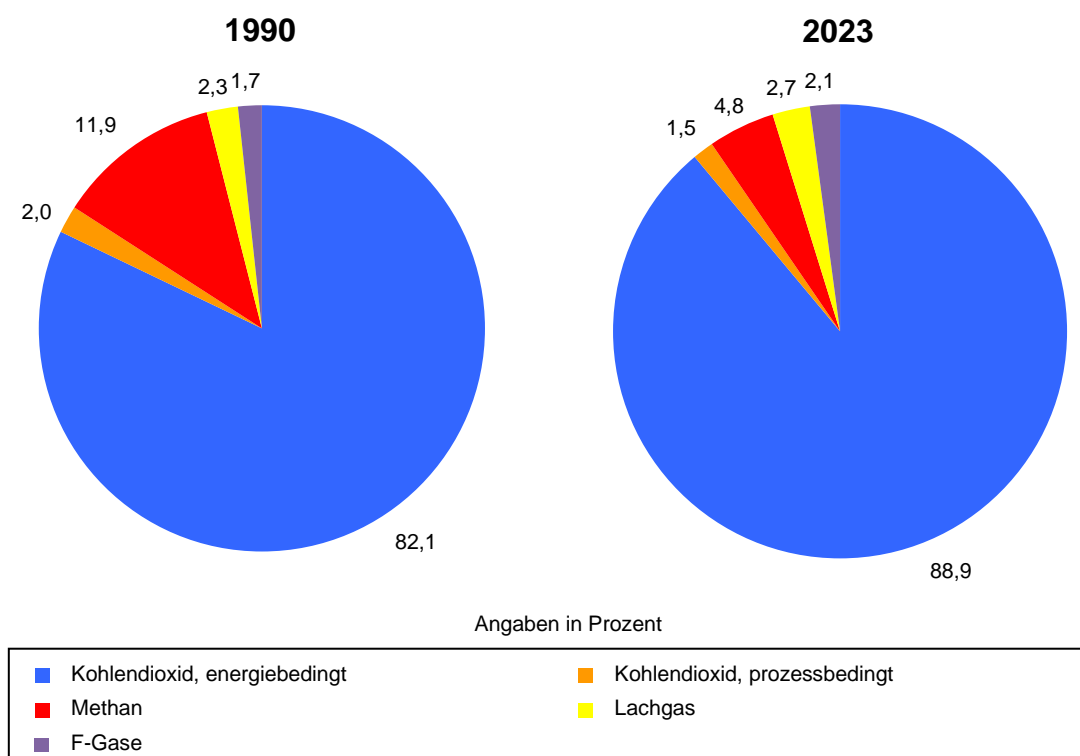
Die insgesamt erst rückläufige Senkenwirkung des LULUCF-Sektors gegenüber 1991 und der Wechsel zu einer Treibhausgasquelle gehen überwiegend auf die gesunkene CO<sub>2</sub>-Speicherung in Form von Biomasse in Wäldern zurück. Außerdem sind die Emissionen aus Ackerland zu großen Teilen auf die Konversion – also die Nutzungsänderung – von Flächen, die zuvor den Landnutzungsformen Wald und Grünland zuzuordnen waren, zurückzuführen. Durch die Umwandlung der Senkenwirkung des LULUCF-Sektors in eine Treibhausgasquelle wurden 2023 im Vergleich zu 1991 insgesamt 9,2 Mio. t CO<sub>2</sub>äq mehr bilanziert.

## 7 Fazit

Die hessische Treibhausgasbilanz gibt einen Überblick über die Entwicklung und Struktur der Emissionen der mengenmäßig bedeutendsten Klimagase Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ), Lachgas (Distickstoffoxid,  $\text{N}_2\text{O}$ ) und F-Gase (HFKW, FKW,  $\text{SF}_6$  und  $\text{NF}_3$ ) für das Bundesland Hessen. Die Ergebnisse werden in  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten ( $\text{CO}_2\text{-}\ddot{\text{a}}\text{q}$ ) dargestellt und stehen seit 1990 zur Verfügung.

In Hessen wurden 2023 – ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs – insgesamt 33,4 Mio. t  $\text{CO}_2$ -Äquivalente emittiert. Der Großteil der Emissionen entfiel mit 30,2 Mio. t  $\text{CO}_2$  bzw. 90,4 % auf den energie- und prozessbedingten  $\text{CO}_2$ -Ausstoß. Methan machte mit 4,8 % den nächstgrößten Anteil aus, gefolgt von Lachgas (2,7 %) und F-Gasen (2,1 %). Der Anteil von  $\text{CH}_4$  hat sich mit einem Rückgang von 7,1 Prozentpunkten seit dem Basisjahr am stärksten verändert (Abbildung 16).

**Abbildung 16 Struktur der Gesamtemissionen in Hessen in  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten in den Jahren 1990 und 2023**



Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; vorläufige Werte für 2023.

Gegenüber dem Vorjahr nahmen die Treibhausgasemissionen um 3,1 Mio. t  $\text{CO}_2\text{-}\ddot{\text{a}}\text{q}$  bzw. 8,5 % ab. Der Rückgang betraf alle betrachteten Treibhausgase und in erster Linie die energiebedingten  $\text{CO}_2$ -Emissionen.

Die energiebedingten  $\text{CO}_2$ -Emissionen gingen in allen Sektoren außer dem Teilsektor Luftverkehr zurück. Den größten Beitrag leistete der Sektor der Energieerzeugung und -umwandlung. Dieser Sektor stieß 1,9 Mio. t  $\text{CO}_2$  bzw. 26,1 % weniger aus als im Vorjahr. 2022 waren die Emissionen wegen eines vorübergehenden Mehreinsatzes von Kohle bei der Stromerzeugung außergewöhnlich hoch gewesen. Im

Verkehrssektor lag der Rückgang bei 180 000 t CO<sub>2</sub> bzw. 1,5 %. Der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ senkte seine Emissionen um 680 000 t CO<sub>2</sub> bzw. 6,6 % und die Industrie um 230 000 t CO<sub>2</sub> bzw. 7,9 %. Energiebedingte Emissionen stellen den Hauptteil der hessischen Treibhausgase dar und werden sowohl von witterungsbedingten als auch konjunkturellen Schwankungen beeinflusst. Die Emissionen werden hauptsächlich vom Straßenverkehr bzw. der Verwendung von Kraftstoffen auf Mineralölbasis, dem Wärmebedarf bzw. dem Einsatz von Heizöl und Erdgas sowie dem Energieträgermix der Stromerzeugung bestimmt.

Bis spätestens 2045 muss Hessen nach dem Hessischen Klimagesetz (HKlimaG) Netto-Treibhausgasneutralität erreichen. Folgende Zwischenziele wurden definiert: Bis 2030 müssen die Treibhausgasemissionen um 65 % und bis 2040 um mindestens 88 % reduziert werden – jeweils im Vergleich zum Jahr 1990. Vor Inkrafttreten des HKlimaG galt für die Emissionsminderung bis 2030 ein Zielwert von 55 %. Auf dieser früheren Grundlage beschloss das Hessische Kabinett im Jahr 2021 folgende Sektorziele: Reduktion der Emissionen im Sektor Energieerzeugung und -umwandlung um 51 %, im Sektor Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen um 68 %, im Verkehrssektor um 35 %, im Industriesektor um 65 %, die Methan- und Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft um 32 % und sonstige Methan- und Lachgasemissionen um 80 % reduziert werden sollen (HMUKLV 2023).

Für das Berichtsjahr 2023 haben die Treibhausgasemissionen den niedrigsten Stand seit 1990 erreicht. Im Vergleich zum Basisjahr haben sie sich insgesamt um 35,3 % reduziert. Die Entwicklung der einzelnen Treibhausgase gegenüber dem Basisjahr ist unterschiedlich:

|   |           |
|---|-----------|
| Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> , energiebedingt) | – 30,0 %, |
| Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> , prozessbedingt) | – 51,2 %, |
| Methan (CH <sub>4</sub> )                       | – 74,1 %, |
| Lachgas (N <sub>2</sub> O)                      | – 23,6 %, |
| F-Gase  | – 19,8 %. |

Die Veränderungen der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der einzelnen Sektoren seit dem Basisjahr sehen wie folgt aus:

|  |           |
|--|-----------|
| Energieerzeugung/-umwandlung                 | – 21,6 %, |
| Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen | – 36,8 %, |
| Verkehr                                      | – 15,6 %, |
| Industrie                                    | – 56,6 %. |

## Verwendete Abkürzungen

|                    |  |
|--------------------|--|
| AK UGRdL           | Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder   |
| AK VGRdL           | Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder  |
| BIP                | Bruttoinlandsprodukt   |
| CH <sub>4</sub>    | Methan   |
| CO <sub>2</sub>    | Kohlendioxid oder auch Kohlestoffdioxid  |
| CO <sub>2</sub> äq | CO <sub>2</sub> -Äquivalente (nach Umrechnung anhand GWP)  |
| FCKW               | Fluorchlorkohlenwasserstoffe   |
| FKW                | (Vollständig halogenierte) Fluorkohlenwasserstoffe   |
| GWP                | Global Warming Potential (engl.) = Globales Treibhauspotential   |
| HFKW               | Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe   |
| IPCC               | Intergovernmental Panel On Climate Change (engl.) =<br>Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen   |
| LULUCF             | Land Use, Land-Use Change and Forestry (engl.) =<br>Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft  |
| Mio.               | Million(en)  |
| N <sub>2</sub> O   | Distickstoffoxid = Lachgas   |
| NF <sub>3</sub>    | Stickstofftrifluorid   |
| NACE               | Nomenclature générale des activités économiques dans les<br>Communautés Européennes (franz.) = Statistische Systematik der<br>Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft |
| NID                | National Inventory Document (engl.) = Nationaler Inventarbericht   |
| NIR                | National Inventory Report (engl.) = Nationaler Inventarbericht   |
| PEV                | Primärenergieverbrauch   |
| SF <sub>6</sub>    | Schwefelhexafluorid  |
| t                  | Tonne(n)   |
| TJ                 | Terajoule  |
| UBA                | Umweltbundesamt  |
| UGRdL              | Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder  |
| VGR                | Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen  |
| Thünen-Institut    | Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für<br>Ländliche Räume, Wald und Fischerei   |
| WZ                 | Wirtschaftszweig(e)  |

## Quellenverweise

- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, [www.ag-energiebilanzen.de](http://www.ag-energiebilanzen.de).
- Arbeitskreis Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder, [www.statistikportal.de/de/etr](http://www.statistikportal.de/de/etr).
- Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder, [www.statistikportal.de/de/ugrdl](http://www.statistikportal.de/de/ugrdl).
- Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, [www.statistikportal.de/de/vgrdl](http://www.statistikportal.de/de/vgrdl).
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) (2017), „Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025“, Wiesbaden.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) (2023), „Klimaplan Hessen“, Wiesbaden.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2015), „Synthesis Report of the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change“, Genf, Schweiz.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2023), „Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change“, Genf, Schweiz.
- Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008).
- Länderarbeitskreis Energiebilanzen, [www.lak-energiebilanzen.de](http://www.lak-energiebilanzen.de).
- Statistisches Bundesamt, [www.destatis.de](http://www.destatis.de).
- Umweltbundesamt (UBA) (2013), „Kyoto-Protokoll. Entstehungsgeschichte und erste Verpflichtungsperiode“, verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/internationale-eu-klimapolitik/kyoto-protokoll> [abgerufen am 30.09.2024].
- Umweltbundesamt (UBA) (2025a), „Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2023“, Dessau (Datenstand: 15.01.2025).
- Umweltbundesamt (UBA) (2025b), „Nationales Inventardokument zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2023“, Dessau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2025c), „Treibhauspotentiale (Global Warming Potential, GWP) ausgewählter Verbindungen und deren Gemische gemäß Viertem (AR4) und Fünftem (AR5) IPCC Sachstandsbericht sowie Verordnung (EU) 2024/573 (F-Gas-VO) bezogen auf einen Zeitraum von 100 Jahren“, Stand: Mai 2025, Dessau.
- United Nations Environment Programme and Climate and Clean Air Coalition (2021), „Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions“, Nairobi.



- Vos, Rösemann et al. (2022), „Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2020: Report on methods and data (RMD) Submission 2022“, Thünen Report 91, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- World Meteorological Organization (2024), „WMO Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin) - No. 20: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2023“, Genf.

## **Anhang**

## Anhang 1: Demographische und gesamtwirtschaftliche Entwicklung

Die Entwicklung der Emissionen einer Region oder eines Staates hängt auch von strukturellen und konjunkturellen Gegebenheiten ab. Der Überblick über die demographischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in Hessen und in Deutschland kann die Interpretation und Bewertung der vorgelegten Emissionsdaten erleichtern. Für die Darstellung der demographischen Entwicklung lagen zum Redaktionsschluss die Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011 vor (Tabelle 13).

**Tabelle 13 Bevölkerung in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1990 bis 2023**

| Jahr | Hessen | Deutschland                                |                   |           | Hessen im Vergleich zu         |                       |
|------|--------|--|-------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------|
|      |        | West <sup>1)</sup>                         | Ost <sup>2)</sup> | Insgesamt | West-deutschland <sup>1)</sup> | Deutschland insgesamt |
|      |        | Bevölkerung in 1 000 im Jahresdurchschnitt |                   |           | %                              |                       |
| 1990 | 5 717  | 61 107                                     | 18 257            | 79 363    | 9,4                            | 7,2                   |
| 1995 | 5 972  | 63 722                                     | 17 586            | 81 308    | 9,4                            | 7,3                   |
| 2000 | 6 013  | 64 370                                     | 17 087            | 81 457    | 9,3                            | 7,4                   |
| 2005 | 6 023  | 64 857                                     | 16 480            | 81 337    | 9,3                            | 7,4                   |
| 2010 | 5 969  | 64 333                                     | 15 951            | 80 284    | 9,3                            | 7,4                   |
| 2015 | 6 135  | 65 640                                     | 16 046            | 81 687    | 9,3                            | 7,5                   |
| 2020 | 6 291  | 66 979                                     | 16 182            | 83 161    | 9,4                            | 7,6                   |
| 2022 | 6 343  | 67 546                                     | 16 252            | 83 798    | 9,4                            | 7,6                   |
| 2023 | 6 406  | 68 143                                     | 16 371            | 84 514    | 9,4                            | 7,6                   |

1) Ohne Berlin. – 2) Einschl. Berlin.  
2023 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Statistisches Bundesamt; AK VGRdL (Berechnungsstand: Februar 2025).

Demnach lebten in Hessen im Jahr 2023 mit 6,4 Millionen Menschen 7,6 % der Bevölkerung Deutschlands. Zwischen 1990 und 2003 wuchs die hessische Bevölkerung kontinuierlich an. In diesem Zeitraum kamen pro Jahr durchschnittlich 24 000 Personen hinzu. Nach dieser lang anhaltenden Wachstumsphase verminderte sich die Bevölkerung 2004 erstmals leicht um 2 000 Personen. Bis 2010 ging die Bevölkerungszahl durchgehend um insgesamt knapp 60 000 Personen zurück. Von 2011 bis 2014 war wieder ein jährlicher Zuwachs von durchschnittlich 25 000 Personen zu verzeichnen. 2015 und 2016 wuchs die hessische Bevölkerung mit über 65 000 bzw. knapp 60 000 neuen Personen deutlich stärker als in den vorherigen Jahren. Diese Entwicklung schwächte sich ab 2017 wieder ab, bis 2021 wuchs die hessische Bevölkerung um durchschnittlich 20 000 Personen pro Jahr. Die höhere Bevölkerungszunahme um 49 000 bzw. 63 000 Personen in den Jahren 2022 und 2023 ist unter anderem durch den Kriegsausbruch in der Ukraine beeinflusst. Im Vergleich zu 1990 wuchs die Bevölkerung in Hessen bis zum Jahr 2023 um fast 690 000 Personen bzw. 12,1 %.

In Deutschland lag der Bevölkerungszuwachs 2023 gegenüber dem Basisjahr 1990 bei 6,5 %, wobei die Bevölkerung zwischen 2003 und 2011 um insgesamt 1,3 Mio.

Personen zurückging. Von 2012 bis 2021 wuchs die Bevölkerung durchschnittlich um 290 000 Personen pro Jahr. 2015, 2016, 2022 und 2023 war das Bevölkerungswachstum mit 700 000, 660 000, 600 000 bzw. 720 000 Personen deutlich größer.

Die Wirtschaftskraft einer Region kann am besten aus den Angaben der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen abgelesen werden. Dabei entsteht ein möglichst vollständiges und zugleich übersichtliches, quantitatives Gesamtbild des statistisch erfassten Wirtschaftsgeschehens einer Volkswirtschaft oder eines Wirtschaftsraums. Die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen geben Auskunft über das Wirtschaftswachstum, die Einkommenssituation, den Konsum oder auch die Investitionstätigkeit. Die wirtschaftsfachliche Darstellung folgt dabei den offiziellen Zusammenfassungen der Wirtschaftszweigsystematik 2008 (WZ 2008).

Seit der grundlegenden Revision des Systems der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen im Jahr 2005 ist die einheitliche Preisbasis, durch die in einem Aggregat Struktur und Entwicklung zusammen dargestellt werden konnten, entfallen. Seitdem muss zwischen zwei Darstellungsweisen unterschieden werden: Bei Zeitreihen, für die die Preise nun jeweils für das Vorjahr bereinigt werden, stehen Kettenindizes bzw. Veränderungsraten zur Verfügung. Für Strukturvergleiche, z. B. zwischen Hessen und Deutschland, werden jeweilige Preise (nominales Bruttoinlandsprodukt) verwendet.

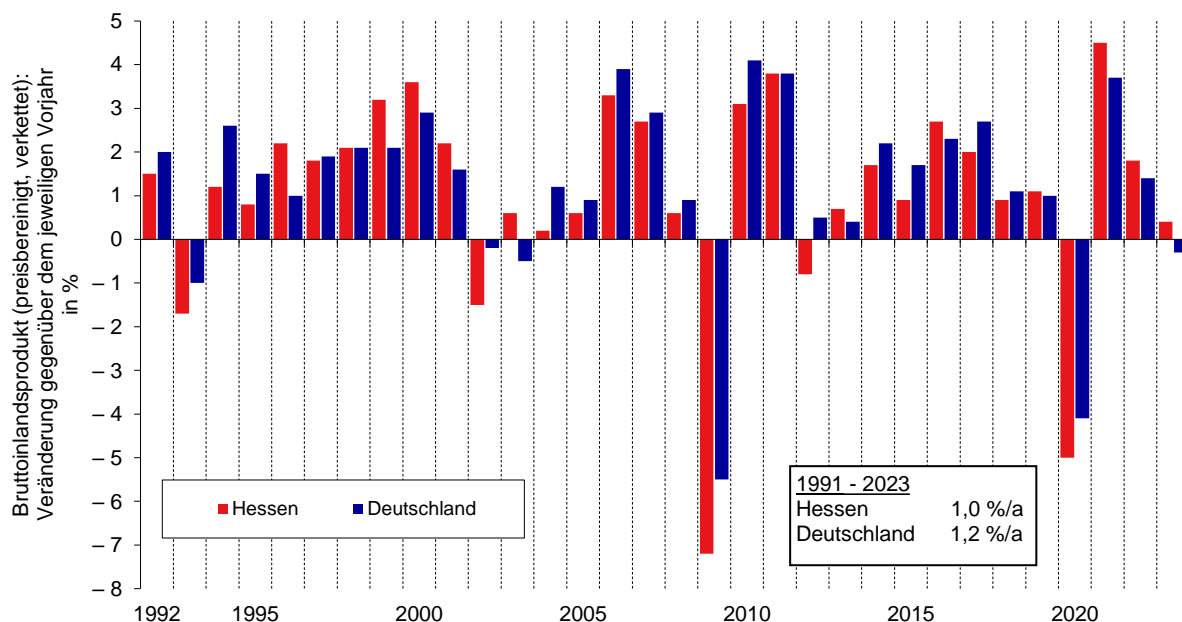
Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen liegen ab dem Jahr 1991 vor. In dieser Treibhausgasbilanz wird der Datenstand nach der Generalrevision 2024 verwendet. Basis für die preisbereinigten und verketteten BIP-Werte ist seitdem das Jahr 2020.

Das Wirtschaftswachstum unterlag in den letzten drei Jahrzehnten Schwankungen. Den stärksten Rückgang erlebte das hessische preisbereinigte BIP im Rahmen der Finanzkrise im Jahr 2009 (– 7,2 %). Danach folgten eine Erholung und von 2012 bis 2019 eine Phase mit reduziertem Wachstum von im Durchschnitt 1,4 % pro Jahr. Auf einen weiteren starken Rückgang im Jahr 2020 (– 5,0 %) folgte eine schwach ausgeprägte Erholungsphase. 2023 stieg das hessische BIP preisbereinigt um 0,4 % gegenüber dem Vorjahr. Im gesamten Zeitraum von 1991 bis 2023 stieg es um durchschnittlich 1,0 % pro Jahr.

In Deutschland ging das preisbereinigte BIP 2023 gegenüber dem Vorjahr um 0,3 % zurück. Die Wachstumsrate im gesamten Beobachtungszeitraum fiel auf Bundesebene mit durchschnittlich 1,2 % pro Jahr höher aus als in Hessen (Abbildung 17).

Das hessische BIP betrug im Jahr 2023 nominal 354,5 Milliarden Euro (Tabelle 14). Damit erreichte Hessen einen Anteil von 8,5 % am bundesdeutschen BIP (4 185,6 Milliarden Euro) – im Vergleich zu einem Bevölkerungsanteil von 7,6 %.

**Abbildung 17 Veränderung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt, verkettet) in Hessen und Deutschland von 1991 bis 2023**



Quellen: Statistisches Bundesamt; AK VGRdL (Berechnungsstand: Februar 2025); Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; Fortschreibungsergebnisse für 2023.

**Tabelle 14 Bruttoinlandsprodukt in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1991 bis 2023**

| Jahr | Hessen                          | Deutschland        |                   |           | Hessen im Vergleich zu         |                       |
|------|---------------------------------|--------------------|-------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------|
|      |                                 | West <sup>1)</sup> | Ost <sup>2)</sup> | Insgesamt | West-deutschland <sup>1)</sup> | Deutschland insgesamt |
|      | Mio. Euro in jeweiligen Preisen |                    |                   |           | %                              |                       |
| 1991 | 150 385                         | 1 414 140          | 177 470           | 1 591 610 | 10,6                           | 9,4                   |
| 1995 | 170 701                         | 1 604 989          | 294 941           | 1 899 930 | 10,6                           | 9,0                   |
| 2000 | 195 455                         | 1 808 900          | 320 760           | 2 129 660 | 10,8                           | 9,2                   |
| 2005 | 214 820                         | 1 980 544          | 345 166           | 2 325 710 | 10,8                           | 9,2                   |
| 2010 | 232 364                         | 2 220 605          | 395 455           | 2 616 060 | 10,5                           | 8,9                   |
| 2015 | 268 527                         | 2 617 145          | 468 504           | 3 085 650 | 10,3                           | 8,7                   |
| 2020 | 293 847                         | 2 909 481          | 540 139           | 3 449 620 | 10,1                           | 8,5                   |
| 2022 | 332 353                         | 3 331 159          | 622 691           | 3 953 850 | 10,0                           | 8,4                   |
| 2023 | 354 492                         | 3 518 812          | 666 738           | 4 185 550 | 10,1                           | 8,5                   |

1) Ohne Berlin. – 2) Einschließlich Berlin.  
2023 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Statistisches Bundesamt; AK VGRdL (Berechnungsstand: Februar 2025).

Im Durchschnitt trug jede Hessin bzw. jeder Hesse im Jahr 2023 mit 55 000 Euro zum BIP bei, das sind 7,2 % mehr als der Durchschnittswert in Westdeutschland (Tabelle 15). Im Vergleich zu Ostdeutschland, wo das BIP pro Kopf bei durchschnittlich fast 41 000 Euro lag, waren es 35,9 % mehr. Der Bundesdurchschnitt von 50 000 Euro pro Kopf wurde um 11,7 % übertroffen. In den hohen Werten des BIP je Einwohnerin bzw. Einwohner spiegelt sich die im bundesdeutschen Vergleich überdurchschnittliche Wirtschaftskraft Hessens wider.

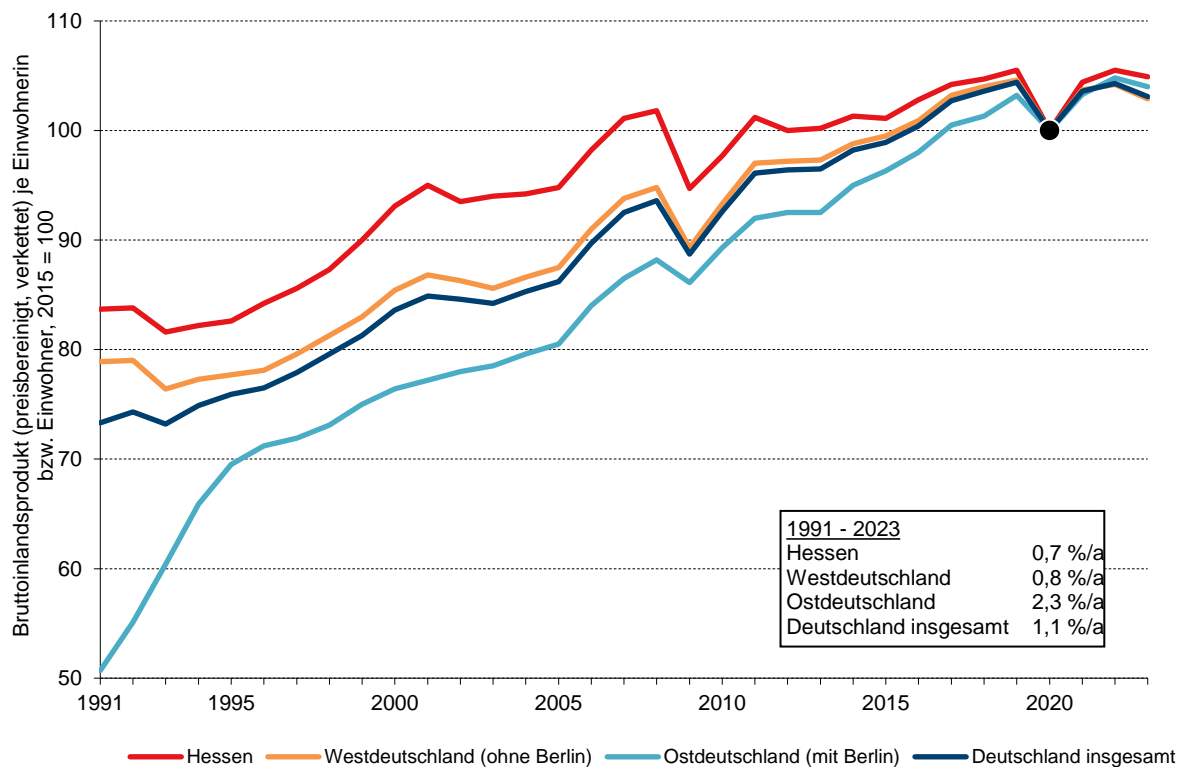
**Tabelle 15 Bruttoinlandsprodukt je Einwohnerin bzw. Einwohner in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1991 bis 2023**

| Jahr | Hessen   | Deutschland        |                   |           | Hessen im Vergleich zu         |                       |
|------|--|--------------------|-------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------|
|      |  | West <sup>1)</sup> | Ost <sup>2)</sup> | Insgesamt | West-deutschland <sup>1)</sup> | Deutschland insgesamt |
|      | Euro in jeweiligen Preisen je Einwohnerin bzw. Einwohner |                    |                   |           | %                              |                       |
| 1991 | 25 938   | 22 841             | 9 826             | 19 902    | 113,6                          | 130,3                 |
| 1995 | 28 585   | 25 187             | 16 771            | 23 367    | 113,5                          | 122,3                 |
| 2000 | 32 506   | 28 102             | 18 772            | 26 145    | 115,7                          | 124,3                 |
| 2005 | 35 664   | 30 537             | 20 945            | 28 594    | 116,8                          | 124,7                 |
| 2010 | 38 927   | 34 517             | 24 792            | 32 585    | 112,8                          | 119,5                 |
| 2015 | 43 770   | 39 871             | 29 197            | 37 774    | 109,8                          | 115,9                 |
| 2020 | 46 712   | 43 439             | 33 380            | 41 481    | 107,5                          | 112,6                 |
| 2022 | 52 395   | 49 317             | 38 315            | 47 183    | 106,2                          | 111,0                 |
| 2023 | 55 337   | 51 639             | 40 727            | 49 525    | 107,2                          | 111,7                 |

1) Ohne Berlin. – 2) Einschließlich Berlin.  
2023 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Statistisches Bundesamt; AK VGRdL (Berechnungsstand: Februar 2025).

**Abbildung 18 Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt, verkettet) pro Kopf in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1991 bis 2023**



Quellen: Statistisches Bundesamt, AK VGRdL (Berechnungsstand: Februar 2025); Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; Fortschreibungsergebnisse für 2023.

Das preisbereinigte BIP pro Kopf wuchs von 1991 bis 2023 in Hessen mit durchschnittlich 0,7 % pro Jahr langsamer als im Bund (1,1 %, Abbildung 18). Darin kommt neben dem auf Bundesebene zwischenzeitlich etwas stärkeren Bevölkerungsrückgang auch das stärkere Wirtschaftswachstum in Ostdeutschland in der ersten Hälfte der neunziger Jahre zum Ausdruck, die sich von einem weit geringeren Niveau ausgehend entwickelten. Doch auch im Vergleich mit den übrigen Ländern des früheren Bundesgebietes (durchschnittlich 0,8 %; ohne Berlin) wuchs die wirtschaftliche Leistung in Hessen im Betrachtungszeitraum weniger stark.

Bei der Struktur der Bruttowertschöpfung gibt es einige Unterschiede zwischen Hessen und Deutschland (Tabelle 16). In Hessen ist der tertiäre Sektor stärker ausgeprägt als in der Bundesrepublik. Im Jahr 2023 war der Wirtschaftsbereich „Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleister, Grundstücks- und Wohnungswesen“ mit 32,2 % an der Bruttowertschöpfung der hessischen Wirtschaftsbereiche beteiligt. In Deutschland besaß dieser Wirtschaftsbereich einen Anteil von 25,4 %.

**Tabelle 16 Struktur der Bruttowertschöpfung in Hessen und Deutschland von 1991 bis 2023 nach Wirtschaftsbereichen**

| Jahr                                  | Bruttowertschöpfung aller Wirtschaftsbereiche | Land- und Forstwirtschaft, Fischerei | Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe | Baugewerbe | Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation | Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleister, Grundstücks- und Wohnungswesen | Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung, Gesundheit |
|---------------------------------------|---|--------------------------------------|--|------------|---|---|---|
| Struktur der Bruttowertschöpfung in % |   |                                      |  |            |   |   |   |
| Hessen insgesamt                      |   |                                      |  |            |   |   |   |
| 1991                                  | 100   | 0,7                                  | 27,6                                   | 4,9        | 20,9  | 29,4  | 16,4  |
| 1995                                  | 100   | 0,6                                  | 23,4                                   | 4,7        | 20,8  | 32,2  | 18,2  |
| 2000                                  | 100   | 0,5                                  | 22,1                                   | 4,0        | 21,9  | 33,3  | 18,2  |
| 2005                                  | 100   | 0,4                                  | 20,7                                   | 2,9        | 22,7  | 35,1  | 18,2  |
| 2010                                  | 100   | 0,4                                  | 20,3                                   | 3,3        | 22,4  | 34,7  | 18,9  |
| 2015                                  | 100   | 0,3                                  | 19,9                                   | 3,4        | 23,3  | 33,8  | 19,2  |
| 2020                                  | 100   | 0,3                                  | 18,5                                   | 4,0        | 23,1  | 33,6  | 20,5  |
| 2022                                  | 100   | 0,4                                  | 18,4                                   | 4,1        | 24,7  | 32,2  | 20,1  |
| 2023                                  | 100   | 0,3                                  | 18,6                                   | 4,5        | 24,4  | 32,2  | 20,0  |
| Deutschland insgesamt                 |   |                                      |  |            |   |   |   |
| 1991                                  | 100   | 1,2                                  | 30,6                                   | 6,0        | 19,7  | 22,4  | 20,1  |
| 1995                                  | 100   | 1,1                                  | 25,6                                   | 6,8        | 19,6  | 25,0  | 21,8  |
| 2000                                  | 100   | 1,1                                  | 25,2                                   | 5,1        | 20,8  | 25,9  | 21,9  |
| 2005                                  | 100   | 0,8                                  | 24,7                                   | 3,8        | 21,3  | 27,3  | 22,1  |
| 2010                                  | 100   | 0,9                                  | 25,1                                   | 4,1        | 20,4  | 27,1  | 22,5  |
| 2015                                  | 100   | 0,8                                  | 24,9                                   | 4,2        | 20,8  | 27,0  | 22,4  |
| 2020                                  | 100   | 0,8                                  | 23,2                                   | 5,0        | 21,1  | 26,4  | 23,5  |
| 2022                                  | 100   | 1,1                                  | 23,6                                   | 4,9        | 21,9  | 25,6  | 22,9  |
| 2023                                  | 100   | 0,9                                  | 24,6                                   | 5,3        | 21,1  | 25,4  | 22,7  |

2023 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Statistisches Bundesamt; AK VGRdL (Berechnungsstand: Februar 2025).

Der Wirtschaftsbereich „Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation“ spielte in Hessen u. a. wegen des Frankfurter Flughafens als internationalem Luftverkehrsdrehkreuz mit einem Anteil von 24,4 % eine größere Rolle als auf Bundesebene (21,1 %). Dagegen fiel der Beitrag des Wirtschaftsbereichs „Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung, Gesundheit“ zur Bruttowertschöpfung in Hessen mit 20,0 % niedriger aus als in Deutschland (22,7 %). Das Produzierende Gewerbe hatte in Hessen mit 18,6 % ein deutlich geringeres gesamtwirtschaftliches Gewicht als auf Bundesebene (24,6 %). Das Baugewerbe trug zu 4,5 % und die Landwirtschaft zu 0,3 % zur hessischen Bruttowertschöpfung bei (5,3 % bzw. 0,9 % in Deutschland).

Insgesamt hat sich im Betrachtungszeitraum sowohl in Hessen als auch in Deutschland ein erkennbarer Strukturwandel vollzogen: Die Bedeutung des Produzierenden Gewerbes hat ab-, die des Dienstleistungssektors zugenommen. 1991 waren die Beiträge des Produzierenden Gewerbes und des Wirtschaftsbereichs „Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleister, Grundstücks- und Wohnungswesen“ zur hessischen Bruttowertschöpfung mit 27,6 % bzw. 29,4 % fast gleich hoch. Im Jahr 2023 betrug der Unterschied zwischen diesen beiden Wirtschaftsbereichen 13,6 Prozentpunkte.

In Deutschland war das Produzierende Gewerbe 1991 der anteilstärkste Wirtschaftsbereich der Bruttowertschöpfung. Seither hat sich das Verhältnis zwischen Industrie und Unternehmensdienstleistern bundesweit ebenfalls zugunsten der Letztgenannten verschoben. Sowohl in Hessen als auch auf Bundesebene sind die Anteile der Landwirtschaft an der Bruttowertschöpfung im Vergleich zu 1991 leicht gesunken, während die Anteile der Wirtschaftsbereiche „Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation“ sowie „Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung und Gesundheit“ stiegen.

Die auf den tertiären Sektor ausgerichtete Wirtschaftsstruktur Hessens spiegelt sich auch in der Struktur der Erwerbstätigkeit wider (Tabelle 17). Im Jahr 2023 waren in Hessen in den Bereichen „Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation“ sowie bei „Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleistern und im Grundstücks- sowie Wohnungswesen“ zusammen 48,6 % der insgesamt 3,6 Millionen Erwerbstätigen beschäftigt. Für Deutschland kamen diese beiden Wirtschaftsbereiche auf einen Anteil von 42,5 %.

30,9 % der hessischen Erwerbstätigen waren im Bereich „Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung, Gesundheit“ beschäftigt, auf Bundesebene waren es 32,9 %. Das Produzierende Gewerbe machte in Hessen 14,4 % der Erwerbstätigen aus, im Bundesgebiet lag der Anteil 3,3 Prozentpunkte höher. Die Beschäftigtenanzahl in Landwirtschaft und Baugewerbe war in Hessen und auf Bundesebene von vergleichsweise geringerer Bedeutung.



**Tabelle 17      Zahl der Erwerbstätigen in Hessen und Deutschland von 1991 bis 2023 nach Wirtschaftsbereichen**

| Jahr | Erwerbs-<br>tätige<br>insgesamt | Land- und<br>Forstwirtschaft,<br>Fischerei | Produzierendes<br>Gewerbe ohne<br>Baugewerbe | Baugewerbe | Handel,<br>Verkehr,<br>Gastgewerbe,<br>Information<br>und<br>Kommunikation | Finanz-,<br>Versicherungs-<br>und<br>Unternehmens-<br>dienstleister,<br>Grundstücks- und<br>Wohnungswesen | Öffentliche<br>und sonstige<br>Dienstleister,<br>Erziehung,<br>Gesundheit |
|------|---------------------------------|--|--|------------|--|---|---|
|      | in 1000                         | Sektorale Struktur der Erwerbstätigen in % |  |            |  |   |   |
|      | Hessen insgesamt                |  |  |            |  |   |   |
| 1991 | 2 958                           | 2,0  | 26,4   | 6,2        | 28,7   | 12,6  | 24,2  |
| 1995 | 2 952                           | 1,6  | 23,0   | 6,4        | 28,2   | 14,5  | 26,4  |
| 2000 | 3 120                           | 1,2  | 19,8   | 5,5        | 28,2   | 18,2  | 27,0  |
| 2005 | 3 073                           | 1,1  | 17,9   | 4,9        | 28,2   | 19,7  | 28,3  |
| 2010 | 3 179                           | 1,0  | 16,5   | 5,0        | 27,6   | 20,7  | 29,3  |
| 2015 | 3 342                           | 0,9  | 16,3   | 5,1        | 27,3   | 20,8  | 29,5  |
| 2020 | 3 505                           | 0,7  | 15,3   | 5,4        | 27,5   | 20,7  | 30,3  |
| 2022 | 3 568                           | 0,8  | 14,7   | 5,4        | 27,3   | 21,0  | 30,8  |
| 2023 | 3 597                           | 0,8  | 14,4   | 5,4        | 27,5   | 21,1  | 30,9  |
|      | Deutschland insgesamt           |  |  |            |  |   |   |
| 1991 | 38 873                          | 3,0  | 28,2   | 7,4        | 25,3   | 9,7   | 26,3  |
| 1995 | 38 046                          | 2,3  | 23,1   | 8,7        | 25,7   | 11,3  | 28,8  |
| 2000 | 39 976                          | 1,9  | 21,2   | 7,2        | 26,2   | 13,9  | 29,5  |
| 2005 | 39 322                          | 1,7  | 19,9   | 5,8        | 26,3   | 15,4  | 30,9  |
| 2010 | 41 099                          | 1,6  | 18,8   | 5,7        | 25,9   | 16,8  | 31,3  |
| 2015 | 43 137                          | 1,5  | 18,7   | 5,6        | 25,6   | 17,3  | 31,2  |
| 2020 | 44 966                          | 1,3  | 18,2   | 5,8        | 25,4   | 16,9  | 32,3  |
| 2022 | 45 629                          | 1,3  | 17,8   | 5,8        | 25,3   | 17,1  | 32,8  |
| 2023 | 45 935                          | 1,2  | 17,7   | 5,7        | 25,4   | 17,1  | 32,9  |

Quellen: Arbeitskreis Erwerbstätigenrechnung der Länder (Berechnungsstand: August 2025).

## **Anhang 2: Glossar**

### **Aggregat**

Aggregat (lateinisch aggregatum: das Angehäufte) bezeichnet allgemein eine Einheit, die durch Zusammensetzung einzelner, relativ selbständiger Teile zustande kommt. Die Selbständigkeit der Teile bleibt teilweise erhalten.

In der Ökonomie bezeichnet Aggregat eine allgemeine, makroökonomische Aussage oder Beziehung als Verdichtung mikroökonomischer Tatbestände.

### **Bruttoinlandsprodukt**

Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) ist ein Maß für die wirtschaftliche Leistung einer Volkswirtschaft in einem bestimmten Zeitraum. Es umfasst den Wert aller innerhalb eines Wirtschaftsgebietes während einer bestimmten Periode produzierten Waren und Dienstleistungen. Es entspricht der Bruttowertschöpfung aller Wirtschaftsbereiche zuzüglich der Gütersteuern und abzüglich der Gütersubventionen.

Das Bruttoinlandsprodukt wird in jeweiligen Preisen oder preisbereinigt (Deflationierung mit jährlich wechselnden Vorjahrespreisen und Verkettung) errechnet. Auf Vorjahrespreisbasis wird die „reale“ Wirtschaftsentwicklung im Zeitablauf frei von Preiseinflüssen dargestellt. Die Veränderungsrate des preisbereinigten Bruttoinlandsproduktes dient als Messgröße für das Wirtschaftswachstum der Volkswirtschaften.

### **Bruttowertschöpfung**

Die Bruttowertschöpfung wird zu Herstellungspreisen bewertet und umfasst die innerhalb eines abgegrenzten Wirtschaftsgebietes erbrachte wirtschaftliche Leistung (Produktionswert zu Herstellungspreisen abzüglich Vorleistungen zu Anschaffungspreisen).

### **Deflationierung**

Mit Deflationierung bezeichnet man im Bereich der Wirtschaftsstatistik die Bereinigung von in Geldeinheiten ausgedrückten Größen (z. B. das Bruttoinlandsprodukt) um den Einfluss der Inflation. Dies geschieht, indem man die beobachtete Größe (nominale Größe) durch einen entsprechenden Preisindex dividiert. Als Ergebnis erhält man eine reale, preisbereinigte Größe.

Zur Ableitung der korrespondierenden realen, d. h. preisbereinigten, Größen aus den nominalen, in jeweiligen Preisen dargestellten, Ergebnissen bedarf es eines geeigneten Preiskonzeptes (Deflationierungsverfahren).

### **Einwohnerin bzw. Einwohner**

Zu den Einwohnerinnen und Einwohnern Deutschlands gehören alle Personen (sowohl mit deutscher als auch anderer Staatsangehörigkeit), die im Bundesgebiet ihren ständigen Wohnsitz haben. Nicht dazu zählen jedoch die Angehörigen ausländischer Missionen und Streitkräfte. Die Einwohnerinnen und Einwohner werden in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen als Jahresdurchschnittszahl ausgewiesen.

## **Endenergieverbrauch**

Der Endenergieverbrauch ist die Summe der zur unmittelbaren Erzeugung der Nutzenergie verwendeten Primär- und Sekundärenergieträger. Die Endenergie wird in Form von Strom, Fernwärme, Erdgas, Kohle oder Erdöl (darunter Heizöl oder Kraftstoffe) nach Umwandlung in Kraftwerken oder Raffinerien bereitgestellt. Energetisch und energieökonomisch handelt es sich noch nicht um die letzte Stufe der Energieverwendung: Es folgen noch die Nutzenergiestufe (z. B. Nutzung als Licht, Wärme) und die Energiedienstleistungen.

## **Erwerbstätige**

Als Erwerbstätige werden alle Personen angesehen, die innerhalb eines Wirtschaftsgebietes einer Erwerbstätigkeit oder mehreren Erwerbstätigkeiten nachgehen, unabhängig von der Dauer der tatsächlich geleisteten oder vertragsmäßig zu leistenden wöchentlichen Arbeitszeit. Bei den Erwerbstätigen wird die Erwerbstätigkeit nicht nach dem Arbeitsort, sondern nach dem Wohnort festgestellt.

## **Intensität**

In diesem Bericht werden unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Intensitäten als Indikator für die Emissionsentwicklung unter Berücksichtigung verschiedener wirtschaftlicher und demographischer Bezugsgrößen verwendet. So kann z. B. abgebildet werden, wie viel CO<sub>2</sub> pro Einwohnerin bzw. Einwohner, je verbrauchter Einheit Energie oder je erzeugter Einheit Wirtschaftsleistung emittiert wird.

## **Kettenindex**

Ein Kettenindex ist ein spezieller Indextyp, der sich aus der zeitlichen Verknüpfung (Multiplikation) von Teilindizes ergibt. Diese beziehen sich jeweils auf das Vorjahr und haben damit ein jährlich wechselndes Wägungsschema.

Mit der Revision 2005 im System der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen ist der Kettenindex die zentrale Größe der Preisbereinigung. Bei allen preisbereinigten Aggregaten und Kennziffern ergeben sich die Veränderungsraten und Messzahlen der einzelnen Zeitreihen anhand des Kettenindex. Er ist auf ein Basisjahr normiert, seit der Generalrevision 2019 ist das Basisjahr 2015. Die Wahl des Basisjahres hat keinen Einfluss auf die Werte der Veränderungsraten.

## **Netto-Emissionen**

Der Begriff Netto-Emissionen wird in diesem Bericht im Emissionssektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft verwendet, in dem Landnutzungsformen auch als Kohlenstoffsenke fungieren können. Netto-Emissionen umfassen ausgestoßene Treibhausgase abzüglich der gespeicherten bzw. eingebundenen Treibhausgase.

**Preiskonzept**

Waren und Dienstleistungen können in jeweiligen Preisen, d. h. in Preisen des jeweiligen Berichtsjahres, oder preisbereinigt und somit frei von Preiseinflüssen dargestellt werden. Die Preisbereinigung erfolgt ab 2005 auf der Grundlage einer jährlich wechselnden Preisbasis (Vorjahrespreisbasis), die weitgehend die bisherige Berechnung in konstanten Preisen ersetzt.

**Primärenergieverbrauch**

Der Primärenergieverbrauch umfasst die in den eingesetzten Energieträgern, die noch keiner Umwandlung unterworfen wurden (z. B. Steinkohle, Braunkohle, Rohöl oder Erdgas), gebundene Energiemenge, sowie Bestandsveränderungen, Lieferungen und Bezüge. Er stellt somit die Energiedarbietung der ersten Stufe dar.

**Tertiärer Sektor**

Der Tertiäre Sektor umfasst alle Unternehmen einer Volkswirtschaft, die Dienstleistungen erbringen. Ihm gehören unter anderem folgende Wirtschaftszweige an:

- Handel;
- Verkehr, Logistik;
- Tourismus, Hotel- und Gaststättengewerbe;
- Nachrichtenübermittlung;
- Kreditinstitute;
- Versicherungen;
- Wohnungsvermietung;
- sonstige Unternehmen oder freie Berufe, die Dienstleistungen erbringen;
- Organisationen ohne Erwerbscharakter;
- Gebietskörperschaften;
- private Haushalte;
- öffentliche Haushalte, z. B. Staat, Gemeinden, Militär usw.

**Umwandlung**

Änderung der chemischen und/oder physikalischen Struktur von Energieträgern. Als Umwandlungsprodukte fallen Sekundärenergieträger (z. B. Stein- und Braunkohlenprodukte, Mineralölprodukte, Strom und Fernwärme) und nicht energetisch verwendbare Produkte an.

### **Umweltökonomische Gesamtrechnungen**

Die Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) beschreiben die Wechselwirkungen zwischen Wirtschaft, privaten Haushalten und Umwelt. Dazu werden Bereiche wie Rohstoff-, Energie-, Wasser- oder Flächenverbrauch sowie Abfall- und Abwasserentsorgung oder Luftemissionen betrachtet. Die UGR wurden als Satellitensystem zu den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) konzipiert, d. h. sie ergänzen diese durch eine Quantifizierung des „Produktionsfaktors Umwelt“, der mit ökonomischen Größen in Beziehung gesetzt wird, folgen dabei aber zugleich so weit wie möglich den Konzepten, Klassifikationen sowie Regeln und Buchungsvorgaben der VGR. Damit ist gewährleistet, dass die Daten beider Gesamtrechnungen kompatibel sind.

### **Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen**

Die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) sind ein Teilgebiet der Makroökonomie innerhalb der Volkswirtschaftslehre und erfassen die gesamtwirtschaftlichen Einkommens- und Güterströme in einer Volkswirtschaft (Binnenwirtschaftsrechnung) oder mit dem Ausland (Außenwirtschaftsrechnung) in einer abgelaufenen Periode anhand von Einnahmen und Ausgaben. Sie liefern somit im Nachhinein (ex post) einen quantitativen Überblick über das wirtschaftliche Geschehen in einer Volkswirtschaft.



HESSEN



**Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt,  
Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat**

Mainzer Straße 80  
65189 Wiesbaden