



# Treibhausgasbilanz für das Land Hessen

## Bilanzjahr 2019



erstellt durch das Hessische Statistische Landesamt

Dezember 2021



## Copyright

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, 2021

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

## Autoren

Sophia Schmidt-Rohr, 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 .....	8
Hessische Treibhausgasbilanz Auftrag und methodische Hinweise .....	10
Vorbemerkungen .....	12
1 Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	14
1.1 Methode der Bilanzierung energiebedingter CO <sub>2</sub> -Emissionen.....	14
1.2 Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen (Quellenbilanz) im Überblick .....	16
1.3 Sektoraler Vergleich der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen (Quellenbilanz) zwischen Hessen und Deutschland.....	22
1.4 Indikatoren zur Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> - Emissionen (Quellenbilanz) .....	24
1.5 Verursacherbezogene CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	29
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 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 Ammoniak .....	37
2.6 Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen bei der Herstellung von Mauer- und Dachziegeln .....	38
2.7 Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen bei der Herstellung von Ruß (Industrieruß) .....	39
3 Methanemissionen .....	40
3.1 Methode zur Ermittlung der Methanemissionen und Berechnungsstand.....	40
3.2 Die Methanemissionen im Einzelnen.....	41
4 Lachgasemissionen.....	46
4.1 Methode zur Ermittlung der Lachgasemissionen und Berechnungsstand.....	46
4.2 Die Lachgasemissionen im Einzelnen .....	46
5 F-Gas-Emissionen.....	50

---

6	Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) .....	52
7	Fazit.....	54
	Verwendete Abkürzungen .....	56
	Quellenverweise .....	57
	Anhang .....	59
	Anhang 1: Demographische und gesamtwirtschaftliche Entwicklung .....	60
	Anhang 2: Glossar .....	68

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2019 nach Sektoren.....	18
Tabelle 2	Struktur der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen der Industrie in Hessen im Jahr 2019 .....	21
Tabelle 3	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2019 .....	23
Tabelle 4	Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen bezogen auf Bevölkerung, Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch in Hessen und Deutschland von 1990 bzw. 1991 bis 2019.....	25
Tabelle 5	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen in den Jahren 2018 und 2019 .....	30
Tabelle 6	Entwicklung der prozessbedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2019.....	34
Tabelle 7	Methanemissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2019 .....	42
Tabelle 8	Entwicklung der Methanemissionen in Hessen von 1990 bis 2019 nach Sektoren.....	43
Tabelle 9	Lachgasemissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2019 .....	47
Tabelle 10	Entwicklung der Lachgasemissionen in Hessen von 1990 bis 2019 nach Sektoren.....	48
Tabelle 11	F-Gas-Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2019 .....	51
Tabelle 12	Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft in Hessen von 1990 bis 2019.....	53
Tabelle 13	Entwicklung der Bevölkerung in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1990 bis 2019 .....	60
Tabelle 14	Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2019 .....	62
Tabelle 15	Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes je Einwohnerin bzw. Einwohner in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2019.....	63
Tabelle 16	Struktur der Bruttowertschöpfung in Hessen und in Deutschland von 1991 bis 2019 nach Wirtschaftsbereichen.....	65
Tabelle 17	Zahl der Erwerbstätigen in Hessen und in Deutschland von 1991 bis 2019 nach Wirtschaftsbereichen .....	66

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2019.....	17
Abbildung 2	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2019 nach Sektoren.....	19
Abbildung 3	Entwicklung der sektoralen Struktur der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2019.....	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 2019.....	28
Abbildung 5	Anteile der Emissionssektoren an den quellen- und verursacherbezogenen CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen im Jahr 2019.....	29
Abbildung 6	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen von 1990 bis 2019.....	31
Abbildung 7	Verursacherbezogene CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen im Jahr 2019 (Sankey Diagramm) .....	32
Abbildung 8	Entwicklung der prozessbedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2019.....	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	Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Rußherstellung.....	39
Abbildung 15	Struktur der Methanemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2019 .....	44
Abbildung 16	Struktur der Lachgasemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2019.....	49
Abbildung 17	Struktur der Gesamtemissionen in Hessen in CO <sub>2</sub> -Äquivalenten in den Jahren 1990 und 2019 .....	54
Abbildung 18	Veränderung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt, verkettet) in Hessen und in Deutschland von 1991 bis 2019 .....	61
Abbildung 19	Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt, verkettet) pro Kopf in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2019 .....	64

## Zusammenfassung

Die hessische Treibhausgasbilanz für das Bilanzjahr 2019 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 erstmalig auch für die 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 (CO<sub>2</sub>äq) 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 F-Gase viele verschiedene Substanzen umfasst, wird kein Standard-GWP-Wert ausgewiesen. Die nachstehende Tabelle zeigt die Emissionsmengen für Hessen im Zeitraum 1990 bis 2019.

### Entwicklung der Emissionen in Hessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten von 1990 bis 2019

Treibhausgas	Chemische Formel	GWP	1990	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019 <sup>1)</sup>	1990/2019
			Menge in 1000 t CO <sub>2</sub> -Äquivalenten								Veränderung in %
Kohlendioxid <sup>2)</sup>	CO <sub>2</sub>	1	43 694	45 447	42 970	39 255	36 159	36 672	34 898	34 876	– 20,2
Energiebedingt <sup>3) 4)</sup>	CO <sub>2</sub>	1	42 674	44 479	42 255	38 562	35 569	36 011	34 240	34 175	– 19,9
Prozessbedingt	CO <sub>2</sub>	1	1 020	968	715	693	590	661	658	701	– 31,3
Methan <sup>2) 4)</sup>	CH <sub>4</sub>	25	5 491	3 735	2 852	2 352	2 178	2 077	1 984	1 855	– 66,2
Lachgas <sup>2) 4)</sup>	N <sub>2</sub> O	298	1 661	1 490	1 329	1 320	1 360	1 341	1 273	1 270	– 23,6
F-Gase			965	981	1 050	1 059	1 136	1 162	1 102	1 056	9,4
<b>Insgesamt</b>			<b>51 811</b>	<b>51 653</b>	<b>48 202</b>	<b>43 986</b>	<b>40 834</b>	<b>41 252</b>	<b>39 257</b>	<b>39 057</b>	<b>– 24,6</b>

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

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Die wichtigsten Ergebnisse (jeweils bezogen auf das Jahr 2019) sind:

- In Hessen wurden insgesamt 39,1 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert.
- Hierbei machte Kohlendioxid 89,3 % des erfassten Emissionsgeschehens aus, auf Methan entfielen 4,7 %, auf Lachgas 3,3 % und auf F-Gase 2,7 % der CO<sub>2</sub>-Äquivalente.
- Die Treibhausgasemissionen gingen insgesamt im Vergleich zu 1990 um 24,6 % zurück. Der Rückgang betrug bei Kohlendioxid 20,2 %, bei Methan 66,2 % und bei Lachgas 23,6 %. Die Emissionen der F-Gase stiegen um 9,4 %.



Die hessischen Treibhausgasemissionen – ohne Berücksichtigung von F-Gasen – lassen sich analog zur bundesdeutschen Berichterstattung in vier Quellgruppen zuordnen (siehe folgende Tabelle).

- Die Quellgruppe Energie machte im Jahr 2019 mit 34,9 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente bzw. 91,9 % den mit Abstand größten Anteil aus. Davon entfielen auf den Verkehrssektor 39,9 %, gefolgt von den Sektoren „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ mit 32,2 %, sowie „Energieumwandlung und -erzeugung“ mit 18,5 %.
- Die Landwirtschaft, als Hauptverursacher der CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen, besaß 2019 mit 1,9 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente bzw. 5,1 % den zweitgrößten Anteil.
- Die Emissionen aus Prozessen und Produktanwendungen sowie der Abfall- und Abwasserwirtschaft trugen mit 1,9 % bzw. 1,1 % einen vergleichsweise geringen Anteil bei. Im Vergleich zum Jahr 1990 haben diese Sektoren sich prozentual am stärksten reduziert.

### Entwicklung der Treibhausgasmissionen (ohne F-Gase) in Hessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten von 1990 bis 2019 nach Sektoren

Quellgruppe	1990	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019 <sup>1)</sup>	1990/2019
	Emissionen <sup>2)</sup> in 1000 t CO <sub>2</sub> -Äquivalenten								Veränderung in %
Energie	43 521	45 222	42 893	39 208	36 264	36 735	34 982	34 925	– 19,8
Prozesse und Produktanwendungen	1 169	1 061	761	730	622	692	691	731	– 37,4
Landwirtschaft	2 714	2 296	2 145	2 100	2 102	2 033	1 935	1 923	– 29,2
Abfall- und Abwasserwirtschaft	3 442	2 093	1 353	888	711	630	547	422	– 87,7
<b>Insgesamt</b>	<b>50 846</b>	<b>50 671</b>	<b>47 151</b>	<b>42 926</b>	<b>39 698</b>	<b>40 091</b>	<b>38 155</b>	<b>38 001</b>	<b>– 25,3</b>
1) Vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr; ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft; ohne nichtenergetischen Verbrauch.									

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; 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:

- Im Jahr 2019 waren die hessischen Pro-Kopf-Emissionen 27,1 % niedriger und die BIP-spezifischen Emissionen 44,5 % niedriger als 1990.
- Die hessischen Pro-Kopf-Emissionen waren im Jahr 2019 um 31,7 % niedriger als auf Bundesebene.
- Das Bruttoinlandsprodukt wurde 2019 in Hessen im Vergleich zu Deutschland mit einem um 39,5 % niedrigeren CO<sub>2</sub>-Ausstoß erwirtschaftet.

## **Hessische Treibhausgasbilanz**

### **Auftrag und methodische Hinweise**

Die Treibhausgasbilanz für das Land Hessen (Bilanzjahr 2019) wurde im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 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 ebenfalls Emissionen von F-Gasen – teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW), vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) sowie Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>) – in der Treibhausgasbilanz enthalten. Es ist davon auszugehen, dass diese vier Stoffe in Hessen einen ähnlich großen Emissionsanteil besitzen wie in der Bundesrepublik, was im Nationalen Inventarbericht (National Inventory Report, NIR) des Umweltbundesamts dargestellt wird.

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, die mehr Nachkommastellen enthalten können, 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 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 und Wohnen 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 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 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 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 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 Luft-

verkehrs 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 analog zur 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 2019 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 NIR beschriebenen Vorgehensweise. Auch wenn die Daten bis einschließlich 2018 als endgültig bewertet werden, kann es durch die Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse in der Emissionsbewertung (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. Das dritte bis fünfte Kapitel 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. Emissionssenkungen, 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: Die CO<sub>2</sub>-Konzentration ist um 49 % gegenüber dem vorindustriellen Niveau (vor 1750) gestiegen. Die CH<sub>4</sub>-Konzentration hat sich um 162 % erhöht und die Konzentration von N<sub>2</sub>O hat um 23 % zugenommen (WMO 2021). 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 2021a).

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 *Fünfte Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen des IPCC* (IPCC 2013) 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.

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) gilt eine 20 % Minderung 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 zum Ziel gesetzt, seine Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 65 % gegenüber dem Basisjahr 1990 zu reduzieren. Bis zum Jahr 2045 soll eine vollständige Treibhausgasneutralität erreicht werden (Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes vom 31. August 2021).

Die hessische Landesregierung verpflichtete sich im März 2017 im *Integrierten Klimaschutzplan Hessen 2025* ihrerseits zur Senkung von Treibhausgasemissionen. Mit insgesamt 140 Maßnahmen, die verschiedene Handlungsfelder abdecken, sollen sowohl die hessischen Klimaschutzziele erreicht werden, als auch Anpassungen an die Folgen des Klimawandels erfolgen. Bis zum Jahr 2020 soll in Hessen eine Treibhausgas-minderung um 30 % im Vergleich zu 1990 erreicht werden, bis 2025 soll die Reduktion 40 % betragen. Im Jahr 2050 will Hessen weitgehend klimaneutral sein und seine Emissionen um mindestens 90 % reduzieren (HMUKLV 2017).

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. Die Ergebnisse fließen nicht nur in die Bewertung der im *Integrierten Klimaschutzplan Hessen 2025* festgelegten Ziele ein, sondern sind darüber hinaus auch Bestandteil des Indikatorensets der *Hessischen Nachhaltigkeitsstrategie* (HSL 2020) sowie des Monitoringberichts zur *Energiewende in Hessen* (HMWEVW 2020).

# **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 2019 die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger 81,6 % der klimawirksamen Emissionen, bezogen auf die Gesamtemissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, aus (Emissionssektor 1.A., UBA 2021b).

Grundlage für die Berechnungen der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bildet die Energiebilanz des Landes, die vom Hessischen Statistischen Landesamt im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen jährlich erstellt wird. 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 jedoch für die Energiebilanz als Verbrauch an Brennstoffen von Interesse. Biogene Energieträger, die in der Energiebilanz erfasst werden – wie Brennholz, Klärgas oder Biotreib-

stoffe – 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 Wärmeherzeugung, 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, Rev. 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 hier 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 durchweg unter 20 %. Sie sanken von 16,1 % im Jahr 1990 auf 6,9 % im Jahr 2019 (UBA 2021a).

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 berücksichtigen. Als Konsequenz dieser methodischen Überarbeitung ergeben sich für Hessen Änderungen zu der in der letzten Treibhausgasbilanz (Bilanzjahr 2018) verwendeten Zeitreihe. Für 2019 wird für den Luftverkehr in Hessen ein nationaler Anteilswert von 4,3 % 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, die sich aus den grenzüberschreitenden Stromlieferungen bzw. -bezügen ergeben, können also in der Quellenbilanz nicht dargestellt werden. Die durch hessische Stromverbraucher verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden hier 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 erfolgt die Anrechnung der dem Endverbrauch zuzurechnenden Emissionsmenge auf Grundlage des Brennstoffverbrauchs aller Stromerzeugungsanlagen auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. 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

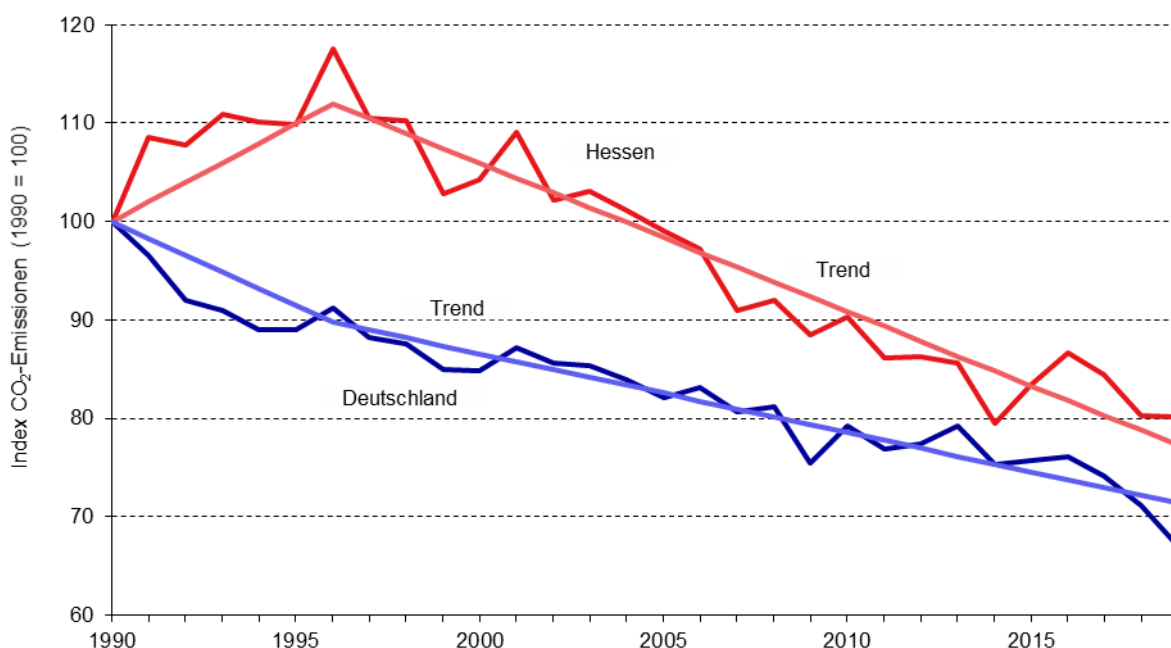
Im Jahr 2019 wurden in Hessen energiebedingt – ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs – insgesamt 34,2 Millionen Tonnen (Mill. t) CO<sub>2</sub> emittiert. Das entspricht gegenüber 2018 nur einem geringfügigen Rückgang um 65 000 t CO<sub>2</sub> bzw. 0,2 %. Damit liegen die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen weiterhin auf dem niedrigsten Stand seit 2014 (33,9 Mill. t CO<sub>2</sub>), als das größte hessische Kohlekraftwerk *Staudinger 5* aufgrund von Reparaturarbeiten längere Zeit stillstand. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß 2019 war um 8,5 Mill. t CO<sub>2</sub> bzw. 19,9 % 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 Mill. t CO<sub>2</sub> ihren absoluten Höchstwert. Sie lagen damit um 17,6 % 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 2019 um 16,0 Mill. t bzw. 31,9 % zurück.

**Abbildung 1 Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2019**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Umweltbundesamt, NIR 2021; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; hessischer Wert für 2019 vorläufig; jeweils linearer Trend vor bzw. nach 1996 abgebildet.

In Deutschland wurden im Jahr 2019 energiebedingt insgesamt 662,7 Mill. t CO<sub>2</sub> emittiert. Das waren 5,9 % weniger als im Vorjahr und 33,0 % 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 11,0 % niedriger als 1990. Zurückzuführen ist dies zu großen Teilen auf die überdurchschnittliche Verminderung der Emissionen in den neuen Bundesländern, hervorgerufen durch den wirtschaftlichen Strukturwandel nach der Wiedervereinigung.

Die gesamten hessischen Emissionen 2019 haben sich im Vergleich zum Vorjahr zwar kaum geändert, bei 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 2019 bei 6,2 Mill. t. Im Vergleich zum Vorjahr sank er deutlich: seine Emissionen nahmen um 0,5 Mill. t bzw. 8,1 % ab. Damit wurden die Emissionen des bisherigen, durch die Reparaturarbeiten am Kraftwerksblock *Staudinger 5* verursachten, Tiefstandes aus dem Jahr 2014 unterschritten und der Sektor lag im zweiten Jahr in Folge

unter dem Emissionsniveau von 1990. Im Jahr 2019 war sein CO<sub>2</sub>-Ausstoß 0,7 Mill. t bzw. 9,8 % niedriger als im Basisjahr.

**Tabelle 1      Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2019 nach Sektoren**

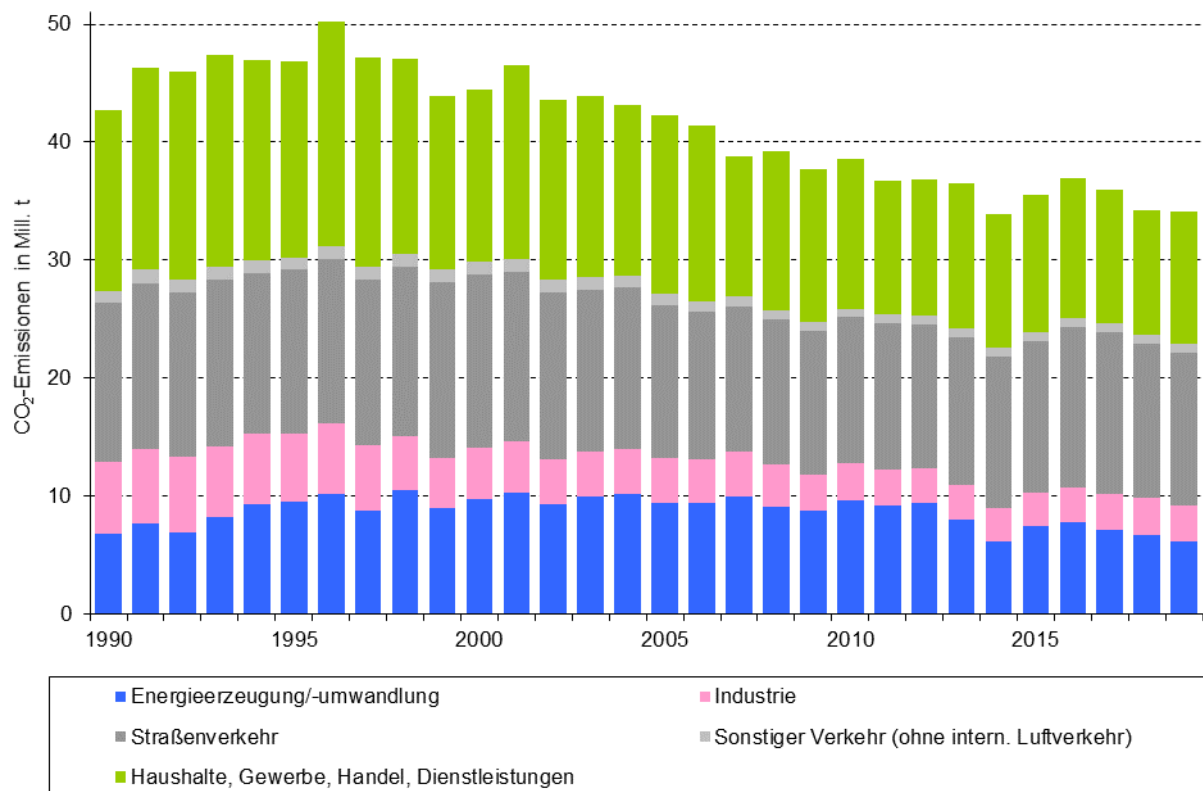
Emissionssektor	1990	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019 <sup>1)</sup>
CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mill. t								
Energieerzeugung/-umwandlung	6,9	9,8	9,5	9,6	7,4	7,2	6,7	6,2
Industrie	6,1	4,3	3,8	3,2	2,8	3,0	3,1	3,0
Verkehr	14,4	15,8	13,9	13,1	13,7	14,5	13,8	13,8
Schienenverkehr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Straßenverkehr	13,4	14,7	13,0	12,3	12,9	13,7	13,1	13,0
Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>	0,7	0,9	0,8	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6
Binnenschifffahrt	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>	15,3	14,6	15,1	12,7	11,6	11,4	10,6	11,3
<b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4)</sup></b>	<b>42,7</b>	<b>44,5</b>	<b>42,3</b>	<b>38,6</b>	<b>35,6</b>	<b>36,0</b>	<b>34,2</b>	<b>34,2</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>13,6</i>	<i>14,0</i>	<i>14,0</i>
Struktur der CO <sub>2</sub> -Emissionen in %								
Energieerzeugung/-umwandlung	16,1	22,0	22,4	24,9	20,9	19,9	19,7	18,1
Industrie	14,2	9,6	9,0	8,4	8,0	8,4	9,0	8,7
Verkehr	33,8	35,6	32,9	33,9	38,4	40,2	40,4	40,3
Schienenverkehr	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Straßenverkehr	31,5	33,1	30,7	32,0	36,3	38,2	38,2	38,1
Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>	1,7	2,1	1,9	1,6	1,9	1,7	1,8	1,9
Binnenschifffahrt	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>	35,9	32,7	35,7	32,9	32,7	31,5	30,9	32,9
<b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4)</sup></b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</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	104	98	90
Industrie	100	71	63	53	47	50	51	49
Verkehr	100	110	96	91	95	100	96	95
Schienenverkehr	100	73	53	45	47	58	52	53
Straßenverkehr	100	110	96	92	96	102	97	97
Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>	100	131	112	87	93	88	89	90
Binnenschifffahrt	100	44	49	37	28	27	27	27
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>	100	95	99	83	76	74	69	74
<b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4)</sup></b>	<b>100</b>	<b>104</b>	<b>99</b>	<b>90</b>	<b>83</b>	<b>84</b>	<b>80</b>	<b>80</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>173</i>	<i>178</i>	<i>178</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 ist wie in den Vorjahren auf eine Verschiebung des Umwandlungseinsatzes zu weniger emissionsintensiven bzw. emissionsneutralen Energieträgern zurückzuführen. Insbesondere der rückläufige Einsatz von Stein- und Braunkohle in den hessischen Kraftwerken ist hier bedeutsam. Der Anteil des Energiesektors an den gesamten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen ist

2019 im Vergleich zum Vorjahr um 1,6 Prozentpunkte auf 18,1 % gesunken. 1990 lag der sektorale Anteil aufgrund höherer Gesamtemissionen bei 16,1 %.

**Abbildung 2 Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2019 nach Sektoren**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; vorläufige Werte für 2019.

Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Verkehrssektors betrug 2019 in Hessen 13,8 Mill. t und blieb damit gegenüber dem Vorjahr beinahe konstant. Nach ihrem Höchststand von 16,1 Mill. t CO<sub>2</sub> im Jahr 1999 gingen die Verkehrsemissionen für knapp zehn Jahre deutlich zurück. Seit 2013 sind sie jedoch kontinuierlich gestiegen und erreichten 2016 wieder das Niveau des Basisjahres. 2019 lagen sie 0,7 Mill. t bzw. 4,7 % unter dem Emissionsniveau von 1990. Maßgeblich ist der geringere Endenergieverbrauch von Otto- und Dieselmotoren im Straßenverkehr. Hingegen veränderte sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Straßenverkehrs, der für 95,0 % der Emissionen des Verkehrssektors verantwortlich ist, gegenüber 2018 mit einem Rückgang von nur 80 000 t bzw. 0,6 % kaum.

Auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen des internationalen Luftverkehrs, die per Konvention nur nachrichtlich ausgewiesen werden, blieben mit 14,0 Mill. t CO<sub>2</sub> im Vergleich zum Vorjahr 2018 konstant. Gegenüber 1990 nahmen sie um 6,1 Mill. t bzw. 78,2 % zu, das ist eine deutlich gegensätzliche Entwicklung gegenüber allen anderen Emissionssektoren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich der Luftverkehr am Flughafen Frankfurt am Main äußerst dynamisch entwickelt: Im Jahr 2019 stieg die Zahl der Starts und Landungen gegenüber 2018 um 0,4 % und die Passagierzahl um 1,5 %. Die beförderte Fracht ging jedoch um 3,9 % zurück (Statistisches Bundesamt 2021).

Die Zunahme des internationalen Luftverkehrs bewirkt, dass vor allem die dort verursachten Emissionen deutlich angestiegen sind. Der 2019 durch den internationalen Luftverkehr verursachte CO<sub>2</sub>-Ausstoß übersteigt den des gesamten übrigen Verkehrssektors (ohne internationalen Luftverkehr). Würde der internationale Luftverkehr in die Gesamtbilanz der hessischen Emissionen einbezogen, wäre er die mengenmäßig größte Position. Er verursacht in etwa den gleichen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Ausstoß wie die Industrie und der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ zusammen.

Entgegen dem aktuellen Trend der anderen Emissionssektoren verzeichnete der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ 2019 mit 0,7 Mill. t CO<sub>2</sub> bzw. 6,2 % einen deutlichen Emissionsanstieg gegenüber dem Vorjahr. Allerdings waren die Emissionen 2018 außergewöhnlich niedrig gewesen. Der energiebedingte CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Sektors wird hauptsächlich durch den Einsatz von Heizöl und Erdgas zu Heizzwecken verursacht und ist deshalb witterungsabhängiger als in anderen Sektoren. Laut einer Messstation des Deutschen Wetterdienstes am Frankfurter Flughafen gab es 2019 insgesamt 237 Heizztage, während es 2018 nur 210 waren (IWU 2021). Hinzu kommt, dass die Heizölpreise Ende 2018/Anfang 2019 wieder deutlich sanken – Letztverbraucher könnten diese Entwicklung für Bestandsaufstockungen genutzt haben. Entsprechend stieg der Endenergieverbrauch von Heizöl und Erdgas und die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Sektors von 2018 auf 2019 deutlich.

Gegenüber 1990 reduzierte sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Sektors um 4,1 Mill. t bzw. 26,5 %. Effektivere Heizungssysteme kombiniert mit der verstärkten Nutzung CO<sub>2</sub>-neutraler bzw. emissionsfreier erneuerbarer Energieträger, wie Holz, Solarthermie oder Erdwärme sowie die höhere Fernwärmeversorgung verringerten die Emissionen nachhaltig. Der sektorale Anteil an den gesamten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen lag 2019 bei 32,9 %.

Die hessische Industrie emittierte 2019 gut 0,1 Mill. t CO<sub>2</sub> bzw. 3,5 % mehr als 2018. Tabelle 2 zeigt, dass sich die Emissionen auf eine geringe Anzahl von Wirtschaftszweigen konzentrierten: Spitzenreiter waren die Wirtschaftszweige „Chemische Industrie/Pharmazie“ mit 748 000 t CO<sub>2</sub> (25,1 % der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie), „Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“ mit 450 000 t (Anteil: 15,1 %) und „Herstellung von Nichteisen-Metallen und Gießerei-Erzeugnissen“ mit 330 000 t (Anteil: 11,1 %). Das Papiergewerbe erreichte mit 318 000 t CO<sub>2</sub> einen Anteil von 10,7 %, weitere 297 000 t (10,0 %) trug das Ernährungs- und Tabakgewerbe bei.

Zusammen waren diese fünf Wirtschaftszweige für 72,0 % der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der hessischen Industrie verantwortlich. Die Emissionsanteile der einzelnen Wirtschaftszweige veränderten sich 2019 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 3,1 Mill. t und halbierte ihn damit.

**Tabelle 2      Struktur der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie in Hessen im Jahr 2019**

Industriezweige	CO <sub>2</sub> -Emissionen	Sektorstruktur	
	1000 t	%	%-kumul.
Chemische Industrie, Pharmazie	748	25,1	25,1
Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	450	15,1	40,2
NE-Metalle, Gießereiindustrie	330	11,1	51,3
Papiergewerbe	318	10,7	62,0
Ernährungs- und Tabakgewerbe	297	10,0	72,0
Fahrzeugbau	187	6,3	78,3
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	152	5,1	83,4
Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen	140	4,7	88,1
Herstellung von Metallerzeugnissen	115	3,8	91,9
Maschinenbau	77	2,6	94,5
Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	43	1,4	95,9
Sonstige Wirtschaftszweige	121	4,1	100,0
<b>Industrie insgesamt</b>	<b>2 978</b>	<b>100,0</b>	

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; vorläufige Werte.

Zusammenfassend ergibt sich bei Betrachtung der verschiedenen Emissionssektoren ein heterogenes Bild. Der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ konnte den absoluten CO<sub>2</sub>-Ausstoß langfristig am stärksten reduzieren. Die Emissionsentwicklung schwankt jedoch witterungsbedingt, der deutliche Emissionsanstieg gegenüber 2018 ist daher unter Berücksichtigung der milden Witterung im Jahr 2018 zu bewerten. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des hessischen Energiesektors reduzierte sich in den letzten Jahren aufgrund eines geringeren Einsatzes von Steinkohle. Langfristig liegt der Sektor damit jedoch nur geringfügig unter dem Emissionsniveau von 1990.

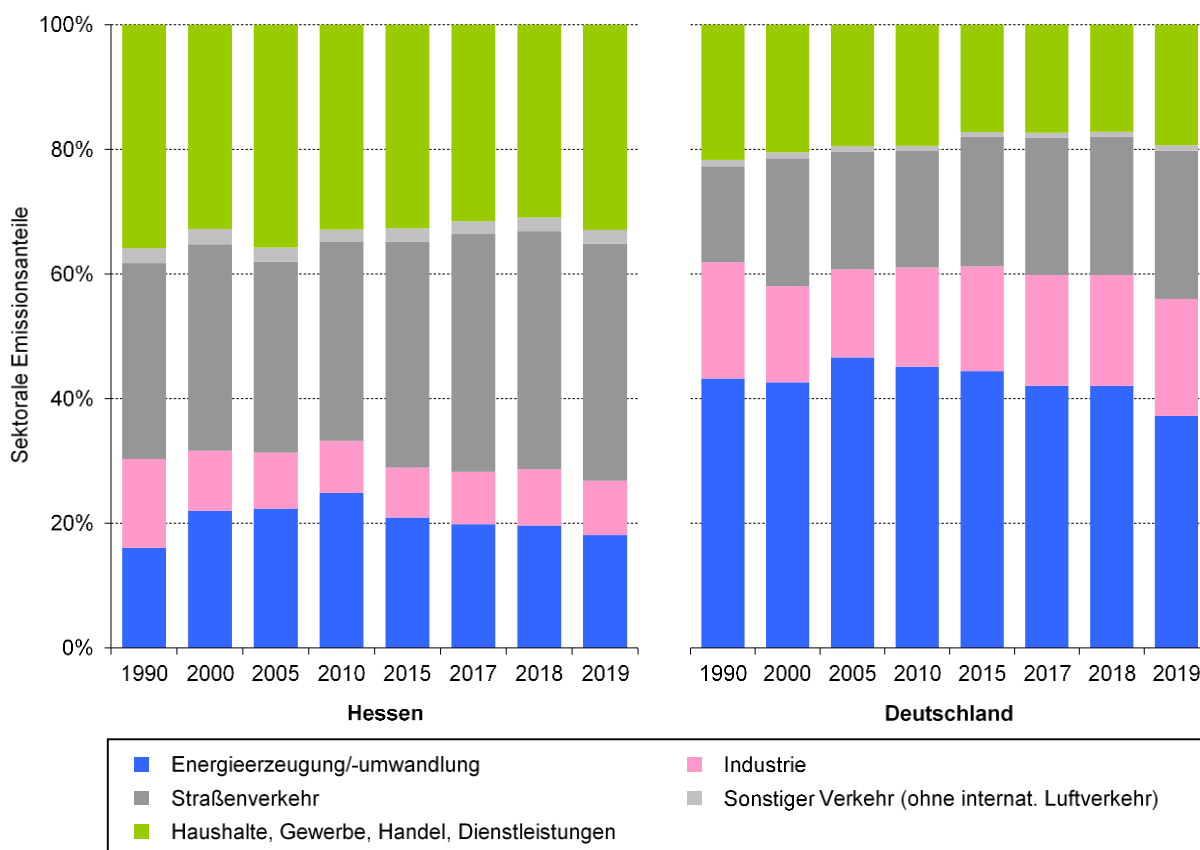
Die hessische Industrie konnte ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß gegenüber 1990 prozentual am deutlichsten reduzieren. In den letzten zehn Jahren verharrt sie jedoch auf einem konstanten Emissionsniveau. Im Verkehrssektor sank der CO<sub>2</sub>-Ausstoß 2019 zum zweiten Jahr in Folge. Dies ist auf eine Emissionsabnahme im Straßenverkehr zurückzuführen. Insgesamt liegt der Sektor jedoch nur leicht unter dem Emissionsniveau des Basisjahres. 40,3 % der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen entfallen mittlerweile auf den Verkehr, das ist der zweithöchste bisher ermittelte Anteilswert des Sektors.

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

### 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 37,2 %. Demgegenüber war die bedeutendste Quelle für die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen im Jahr 2019 der Verkehrssektor mit einem Anteil von 40,3 %, gefolgt vom Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ mit 32,9 %. Die sektoralen Verschiebungen der Emissionsanteile seit 1990 entwickeln sich in Hessen und Gesamtdeutschland insgesamt 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.

**Abbildung 3 Entwicklung der sektoralen Struktur der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2019**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Umweltbundesamt, NIR 2021; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; hessische Werte für 2019 vorläufig.

Besonders ausgeprägt sind die Differenzen im Energiesektor, der im Jahr 2019 in Deutschland mit 37,2 % einen mehr als 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 Emissionen des Sektors 2019 in Deutschland um 6,0 Prozentpunkte, während sie in Hessen um 2,0 Prozentpunkte zunahmen.

**Tabelle 3      Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2019**

Emissionssektor	1990	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019 <sup>1)</sup>
	CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mill. t							
	Hessen							
Energieerzeugung/-umwandlung	6,9	9,8	9,5	9,6	7,4	7,2	6,7	6,2
Industrie	6,1	4,3	3,8	3,2	2,8	3,0	3,1	3,0
Verkehr	14,4	15,8	13,9	13,1	13,7	14,5	13,8	13,8
Schienenverkehr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Straßenverkehr	13,4	14,7	13,0	12,3	12,9	13,7	13,1	13,0
Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>	0,7	0,9	0,8	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6
Binnenschifffahrt	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>	15,3	14,6	15,1	12,7	11,6	11,4	10,6	11,3
<b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4)</sup></b>	<b>42,7</b>	<b>44,5</b>	<b>42,3</b>	<b>38,6</b>	<b>35,6</b>	<b>36,0</b>	<b>34,2</b>	<b>34,2</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>13,6</i>	<i>14,0</i>	<i>14,0</i>
	Deutschland							
Energieerzeugung/-umwandlung <sup>6)</sup>	427,7	358,2	378,8	354,2	332,9	308,9	296,2	246,8
Industrie	185,2	129,2	114,6	124,7	126,1	130,4	125,3	124,3
Verkehr <sup>7)</sup>	161,9	180,6	160,3	153,0	161,2	167,4	162,0	163,5
Schienenverkehr	2,9	1,9	1,4	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7
Straßenverkehr	151,9	172,5	153,0	146,8	155,3	161,5	155,9	157,7
Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>	2,4	2,6	2,5	2,3	2,0	2,2	2,2	2,2
Binnenschifffahrt	3,6	2,1	1,9	1,7	1,7	1,7	1,8	1,6
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>	214,8	171,7	158,3	152,5	129,0	127,2	120,8	128,1
<b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4) 6)</sup></b>	<b>989,6</b>	<b>839,7</b>	<b>812,1</b>	<b>784,5</b>	<b>749,2</b>	<b>733,9</b>	<b>704,2</b>	<b>662,7</b>
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i>	<i>11,9</i>	<i>19,2</i>	<i>22,8</i>	<i>24,2</i>	<i>24,6</i>	<i>29,0</i>	<i>29,9</i>	<i>29,6</i>
	Hessen in % von Deutschland							
Energieerzeugung/-umwandlung <sup>6)</sup>	1,6	2,7	2,5	2,7	2,2	2,3	2,3	2,5
Industrie	3,3	3,3	3,3	2,6	2,3	2,3	2,5	2,4
Verkehr <sup>7)</sup>	8,9	8,8	8,7	8,5	8,5	8,7	8,5	8,4
Schienenverkehr	3,9	4,2	4,4	4,6	5,2	7,5	8,1	8,1
Straßenverkehr	8,8	8,5	8,5	8,4	8,3	8,5	8,4	8,2
Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>	29,5	35,2	32,3	26,9	33,3	29,2	28,9	28,8
Binnenschifffahrt	5,2	4,0	4,7	4,2	3,2	3,1	2,8	3,1
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>	7,1	8,5	9,5	8,3	9,0	8,9	8,8	8,8
<b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4) 6)</sup></b>	<b>4,3</b>	<b>5,3</b>	<b>5,2</b>	<b>4,9</b>	<b>4,7</b>	<b>4,9</b>	<b>4,9</b>	<b>5,2</b>
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i>	<i>65,9</i>	<i>60,8</i>	<i>54,0</i>	<i>49,0</i>	<i>54,4</i>	<i>46,8</i>	<i>46,9</i>	<i>47,2</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, NIR 2021; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Es sollte jedoch berücksichtigt werden, dass große Mengen des in Hessen verbrauchten Stroms aus anderen Bundesländern bezogen werden (2019 insgesamt 56,0 % des hessischen Bruttostromverbrauchs). Die Emissionen aus der Erzeugung dieser Strom-

mengen 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 der Anteil der Emissionen aus dem Straßenverkehr im Jahr 2019 bei 38,1 % aller energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen, in Deutschland waren es nur 23,8 %. Die Emissionsanteile des Straßenverkehrs sind sowohl in Hessen (6,6 Prozentpunkte) als auch in Deutschland (8,5 Prozentpunkte) seit 1990 gestiegen.

Zusätzlich spielen der nationale wie auch der internationale Luftverkehr für Hessen eine besondere Rolle: 45,9 % aller Luftverkehrsemissionen Deutschlands fielen 2019 in Hessen an (Tabelle 3). Der Anteil des nationalen Luftverkehrs an den energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen war in Hessen 2019 mit 1,9 % fast sechsmal so hoch wie in Deutschland (0,3 %).<sup>1</sup>

Der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ besaß 2019 in Hessen mit 32,9 % den zweithöchsten Anteil der Emissionssektoren, während sein Anteil auf Bundesebene nur 19,3 % betrug. Diese Differenz ist wahrscheinlich auf den in Hessen starken Dienstleistungssektor bzw. auf den Handel und sonstiges Kleingewerbe zurückzuführen (siehe Beschäftigungsstruktur und Bruttowertschöpfung der einzelnen Wirtschaftszweige im Anhang).

Der Emissionsanteil der Industrie lag 2019 in Hessen mit 8,7 % nur etwa halb so hoch wie in Deutschland (18,8 %). Im Vergleich zu 1990 reduzierte sich der Emissionsanteil des Sektors in Hessen um 5,5 Prozentpunkte, auf Bundesebene stieg der Anteil minimal an. 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 zur Entwicklung der 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 können durch die Verknüpfung der CO<sub>2</sub>-Emissionen mit geeigneten Bezugsgrößen energiewirtschaftliche und klimapolitische Zusammenhänge besser beurteilt werden. 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 deutlich unter denen auf Bundesebene.

---

<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.



In Hessen erreichten sie im Jahr 1996 mit 8,4 t CO<sub>2</sub> pro Kopf ihren Höchststand. Seitdem nahmen sie kontinuierlich ab. 2019 lagen die hessischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei 5,4 t je Einwohnerin bzw. Einwohner und damit 27,1 % unter dem Niveau des Basisjahres. Auf Bundesebene wiederum sanken die Pro-Kopf-Emissionen kontinuierlich von 12,5 t CO<sub>2</sub> im Jahr 1990 auf 8,0 t CO<sub>2</sub> im Jahr 2019. Das entspricht einer Reduktion von 36,0 %, wobei der Rückgang in den ersten fünf Jahren aufgrund des wirtschaftlichen Strukturwandels bereits 13,1 % betrug.

**Tabelle 4 Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen bezogen auf Bevölkerung, Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch in Hessen und Deutschland von 1990 bzw. 1991 bis 2019**

Gebiet	1990	1991	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019 <sup>1)</sup>	1990 bzw. 1991/2019
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einwohnerin bzw. Einwohner in t CO <sub>2</sub>										Veränderungen in %
Hessen	7,5	8,0	7,4	7,0	6,5	5,8	5,8	5,5	5,4	– 27,1
Deutschland	12,5	11,9	10,3	10,0	9,8	9,2	8,9	8,5	8,0	– 36,0
Deutschland = 100										
Hessen	59,9	66,9	71,8	70,3	66,1	63,2	65,1	64,5	68,3	
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einheit Bruttoinlandsprodukt <sup>3)</sup> in t CO <sub>2</sub> je Mill. Euro										Veränderungen <sup>4)</sup> in %
Hessen	—	308,4	229,8	200,0	170,1	136,7	128,9	119,9	116,2	– 44,5
Deutschland	—	602,5	398,1	354,9	305,9	247,6	225,1	209,8	192,1	– 52,4
Deutschland = 100										
Hessen	—	51,2	57,7	56,4	55,6	55,2	57,2	57,1	60,5	
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einheit Primärenergieverbrauch in t CO <sub>2</sub> je 1000 TJ										Veränderungen in %
Hessen	45,9	48,3	43,1	40,7	38,4	41,3	41,1	39,7	39,2	– 14,7
Deutschland	66,4	65,4	58,3	55,8	55,2	56,5	54,3	53,6	51,8	– 22,0
Deutschland = 100										
Hessen	69,1	73,9	73,9	73,1	69,5	73,1	75,7	74,0	75,7	
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einheit bereinigtem Primärenergieverbrauch <sup>2)</sup> in t CO <sub>2</sub> je 1000 TJ										Veränderungen in %
Hessen	51,9	54,3	50,9	48,6	45,7	52,4	52,1	51,0	50,2	– 3,3
Deutschland	67,1	66,1	59,4	57,0	56,5	58,0	55,9	55,4	53,4	– 20,4
Deutschland = 100										
Hessen	77,3	82,2	85,8	85,3	80,9	90,5	93,2	92,1	93,8	
Nachrichtlich: Anteil des internationalen Luftverkehrs am Primärenergieverbrauch in %										Mittelwert 1990-2019
Hessen	11,5	11,1	15,4	16,2	16,1	21,2	21,2	22,2	21,9	16,3
Deutschland	1,1	1,1	1,8	2,1	2,3	2,5	2,9	3,1	3,2	2,0

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

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Statistisches Bundesamt, Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder (Berechnungsstand: August 2020); Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; Umweltbundesamt, NIR 2021; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; hessische Werte für 2019 vorläufig.

Die Differenz der Pro-Kopf-Emissionen zwischen Hessen und Deutschland ist damit über die Zeitreihe geringer geworden. Während im Basisjahr die gesamtdeutschen Emissionen pro Einwohner noch 5,0 t über dem hessischen Wert lagen, waren sie im Jahr 2019 nur noch um 2,5 t höher. Der nach wie vor erkennbare Niveauunterschied ist unter anderem auf unterschiedliche Wirtschaftsstrukturen und hohe Stromimporte in Hessen zurückzuführen, die in der Quellenbilanz nicht emissionswirksam sind (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 – 19,9 % und in Deutschland – 33,0 %, siehe Abschnitt 1.2). Das ist darauf zurückzuführen, dass die Bevölkerung in Hessen und Deutschland im Betrachtungszeitraum gewachsen ist (siehe Tabelle 14 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.

Im Vergleich zu 1991 war die CO<sub>2</sub>-Intensität in Hessen 2019 um 44,5 % 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>-Intensität in diesem Zeitraum um 52,4 %. 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 3,2 % pro Jahr. Zwischen 1995 und 2019 schwächte sich die Entwicklung auf einen durchschnittlichen Rückgang von 2,5 % pro Jahr ab.

Der Vergleich zwischen Hessen und Deutschland zeigt, dass die Menge der absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 1991 in Hessen weniger stark abgenommen hat (vgl. Tabelle 3). Dies trifft auch auf diese CO<sub>2</sub>-Intensität zu, allerdings ist die Differenz zwischen Hessen und Deutschland mit 7,9 Prozentpunkten im Jahr 2019 geringer als bei den absoluten Emissionsmengen.

Die auf den Primärenergieverbrauch (PEV) bezogene CO<sub>2</sub>-Intensität setzt die emittierten Emissionen in ein Verhältnis zu den eingesetzten Energieträgern. Sie lag in Hessen im Jahr 2019 bei 39,2 t CO<sub>2</sub> je 1000 Terajoule (TJ) bzw. bei 50,2 t CO<sub>2</sub> je 1000 TJ, wenn der PEV um die für den internationalen Luftverkehr eingesetzten Fluggastkraftstoffe bereinigt wird.<sup>3</sup> Bei der Betrachtung der Zeitreihe ist zu berücksichtigen, dass 2007 und 2009 fast das gesamte Jahr lang vorübergehend keine Kernenergie eingesetzt und ihre Nutzung Anfang 2011 vollständig aufgegeben wurde, während sie

<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 Veränderungsraten nicht aus den links ausgewiesenen Werten errechnet werden können.

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

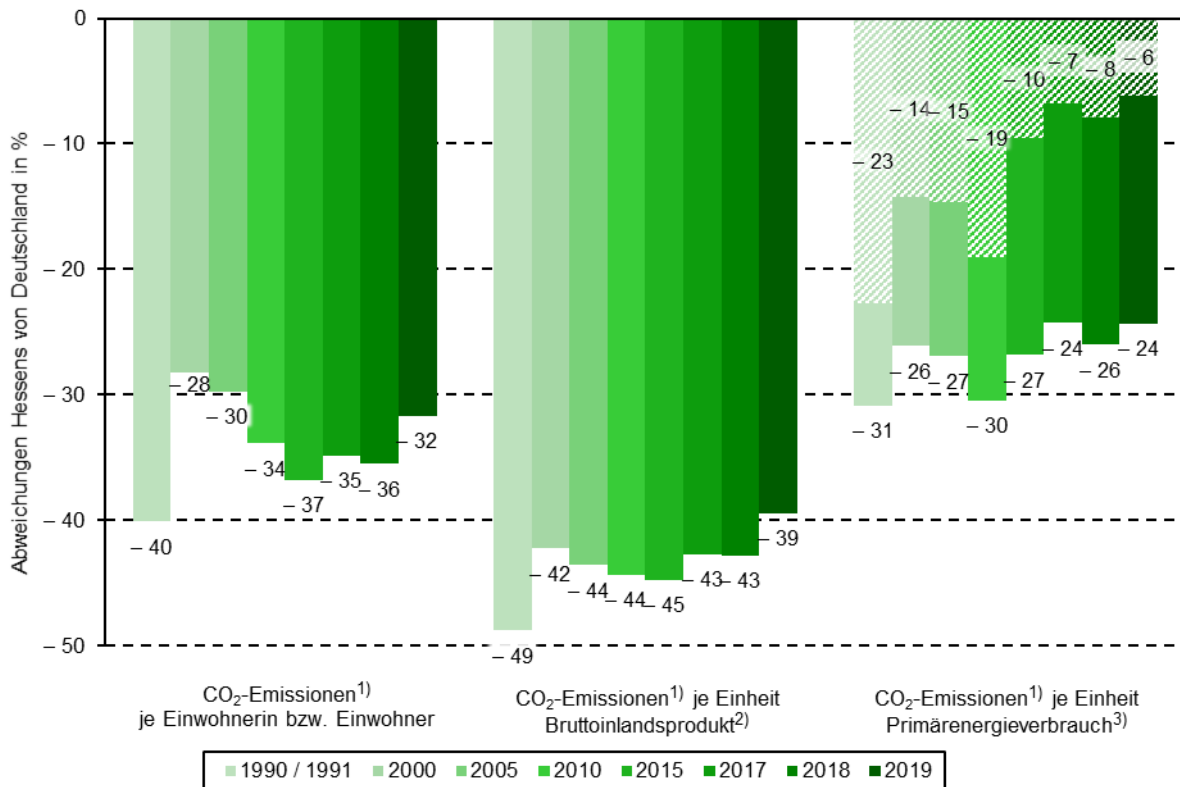
zwischen 1990 und 2011 mit durchschnittlich 14,9 % einen erheblichen Anteil am hessischen Primärenergieverbrauch hatte. Bei der Nutzung von Kernenergie wird zwar kein CO<sub>2</sub> ausgestoßen, aber die eingesetzte Energieträgermenge geht in den Primärenergieverbrauch ein und wirkt sich dadurch auf die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Intensität aus.

Im Jahr 2019 wurden auf Bundesebene 51,8 bzw. 53,4 t CO<sub>2</sub> je 1000 TJ – letztere Angabe bei einem um den internationalen Luftverkehr bereinigten PEV – ausgestoßen. 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 2019 nur 3,2 % des PEV aus, in Hessen lag der Wert bei 21,9 %. Entsprechend unterschiedlich ist die CO<sub>2</sub>-Intensität in Hessen je Berechnungsweg.

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 2019 betrug die Differenz der CO<sub>2</sub>-Intensität zwischen Hessen und Deutschland 24,3 bzw. 6,2 t CO<sub>2</sub> (bei bereinigtem PEV) je 1000 TJ. Gegenüber 1990 war die hessische CO<sub>2</sub>-Intensität 2019 um 14,7 % niedriger, bei bereinigtem PEV verringert sich die Reduktion auf 3,3 %. In Deutschland war die CO<sub>2</sub>-Intensität 2019 um 22,0 % bzw. 20,4 % (bei bereinigtem PEV) niedriger als 1990.

Bei einem Vergleich der drei verschiedenen CO<sub>2</sub>-Intensitäten fällt auf, dass die Abweichung zwischen Hessen und Deutschland 2019 deutlich geringer ausfallen als noch 1990. Am ähnlichsten waren sich die CO<sub>2</sub>-Intensitäten im Jahr 1996. 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 und der Abstand vergrößerte sich auf ein seit 2015 annähernd konstantes Niveau. Im Vergleich zum Vorjahr sind die bundesweiten CO<sub>2</sub>-Intensitäten 2019 deutlich angestiegen und näherten sich Hessen demgemäß an.

**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 2019**



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

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Statistisches Bundesamt, Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder (Berechnungsstand: August 2020); Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; Umweltbundesamt, NIR 2021; hessische Werte für 2019 vorläufig.

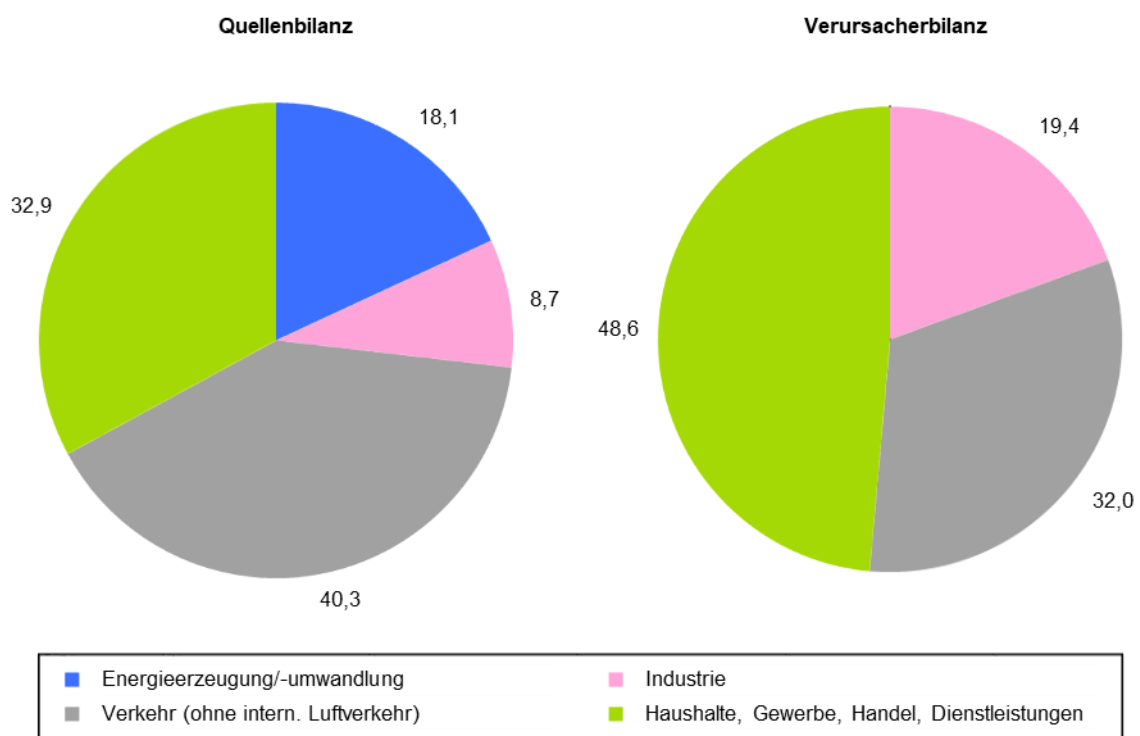
Zusammenfassend lässt sich in Bezug auf die verschiedenen Indikatoren festhalten:

- Die Pro-Kopf-Emissionen waren in Hessen im Jahr 2019 um 31,7 % niedriger als in Deutschland. Im Basisjahr 1990 waren sie um 40,1 % niedriger, im Jahr 1996 zum Zeitpunkt der stärksten Annäherung um 24,5 %.
- Das hessische Bruttoinlandsprodukt wurde im Jahr 2019 unter Freisetzung von durchschnittlich 116,2 t CO<sub>2</sub> je 1 Mill. Euro erwirtschaftet – in Deutschland wurden 192,1 t CO<sub>2</sub> je 1 Mill. Euro ausgestoßen. Eine vergleichbare monetäre Wirtschaftsleistung wurde in Hessen also mit um 39,5 % 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 2019 lag der hessische Wert bei vollständiger Einbeziehung aller Mineralölprodukte in den Primärenergieverbrauch 24,3 % unter dem deutschen. Ohne Berücksichtigung der Flugkraftstoffe für den internationalen Luftverkehr fiel diese Differenz mit 6,2 % 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 Umwandlungsbereichs (Energieerzeugung) werden nach dem Verursacherprinzip zugeordnet. 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 wird im NIR keine Verursacherbilanz ausgewiesen.

**Abbildung 5** Anteile der Emissionssektoren an den quellen- und verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen im Jahr 2019



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

Die hessischen verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen lagen im Jahr 2019 – ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs – bei 44,5 Mill. t CO<sub>2</sub> und damit deutlich höher als die in der Quellenbilanz ausgewiesenen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen (34,2 Mill. t CO<sub>2</sub>, siehe Abschnitt 1.2). Die verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen waren 2019 um 14,6 Mill. t bzw. 24,7 % niedriger als im Basisjahr 1990 (Abbildung 6). Im Vergleich zu 2018 nahmen sie um 1,6 Mill. t bzw. 3,5 % ab.

Der Emissionsrückgang gegenüber dem Vorjahr ist fast vollständig auf geringere Emissionen aus dem Strom- und Fernwärmeverbrauch zurückzuführen. Der mit insgesamt 2,1 Mill. t bzw. 11,3 % deutliche Rückgang in diesem Sektor geht überwiegend auf die 2019 stark gesunkene Emissionsintensität des deutschen Strommix zurück.

**Tabelle 5 CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen in den Jahren 2018 und 2019**

Emissionssektor	Energieträger					
	Insge- samt	davon				
		Stein- kohlen	Braun- kohlen	Mineralöle und Mineralöl- produkte	Gase	Strom und Fernwärme <sup>1)</sup>
	1000 t					
	2019 <sup>2)</sup>					
Industrie	8 647	256	213	267	2 259	5 652
Verkehr <sup>3)</sup>	14 216	—	—	13 734	24	458
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	21 607	—	54	4 654	6 543	10 357
<b>Endenergieverbrauchsbereich zusammen</b>	<b>44 470</b>	<b>256</b>	<b>267</b>	<b>18 655</b>	<b>8 826</b>	<b>16 467</b>
	2018					
Industrie	9 770	281	259	245	2 311	6 674
Verkehr <sup>3)</sup>	14 417	—	—	13 810	19	588
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	21 906	2	57	4 299	6 236	11 312
<b>Endenergieverbrauchsbereich zusammen</b>	<b>46 093</b>	<b>283</b>	<b>316</b>	<b>18 354</b>	<b>8 565</b>	<b>18 575</b>
	Zu- bzw. Abnahme (–) in %					
Industrie	– 11,5	– 8,7	– 17,8	9,0	– 2,2	– 15,3
Verkehr <sup>3)</sup>	– 1,4	—	—	– 0,6	24,8	– 22,2
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	– 1,4	– 100,0	– 6,1	8,2	4,9	– 8,4
<b>Endenergieverbrauchsbereich zusammen</b>	<b>– 3,5</b>	<b>– 9,4</b>	<b>– 15,7</b>	<b>1,6</b>	<b>3,0</b>	<b>– 11,3</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.						

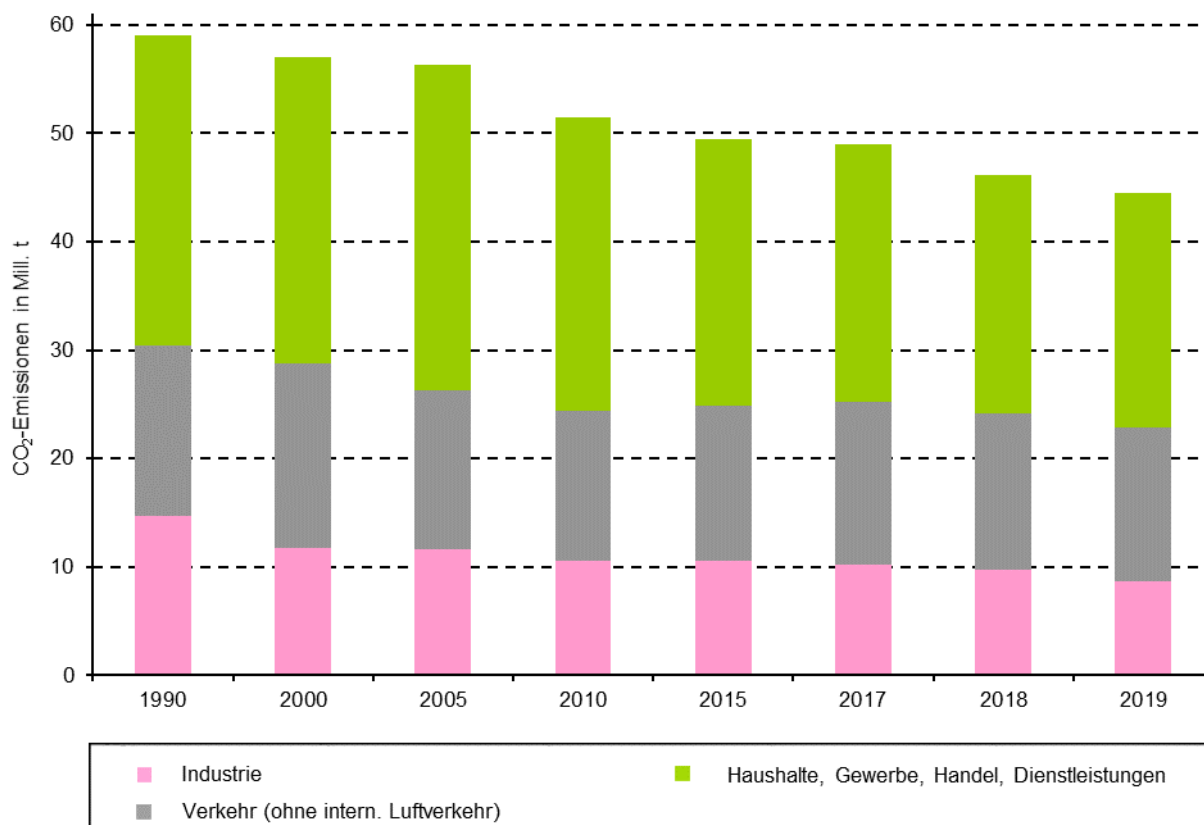
Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Sektorübergreifend waren die verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen 2019 zu 41,9 % auf den Endenergieverbrauch von Mineralölen und Mineralölprodukten zurückzuführen. Strom und Fernwärme machten 37,0 % aus, Gase kamen auf 19,8 % und Stein- und Braunkohle zusammen auf 1,2 %. Insbesondere die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch von Strom und Fernwärme sanken gegenüber dem Vorjahr in allen Emissionssektoren: in der Industrie um 1,0 Mill. t bzw. 15,3 %, im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ um 955 000 t bzw. 8,4 % und im Verkehrssektor um 130 000 t bzw. 22,2 %. 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.

Auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch von Kohle gingen in allen Sektoren zurück. Mengenmäßig spielen Stein- und Braunkohle als Energieträger in den Endverbrauchsbereichen bei den hessischen Letztverbrauchern jedoch 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.

**Abbildung 6 CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen von 1990 bis 2019**



Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; Werte für 2019 vorläufig.

Dagegen nahmen die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch von Gasen und Mineralölen gegenüber dem Vorjahr zu. Die Emissionen aus dem Gasverbrauch stiegen um 260 000 t bzw. 3,0 % und aus dem Verbrauch von Mineralölen und Mineralölprodukten um 300 000 t bzw. 1,6 %. Zurückzuführen ist dies auf den höheren Heizbedarf des Sektors „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ in Folge einer kühleren Witterung 2019 und die Entwicklung des Heizölpreises.

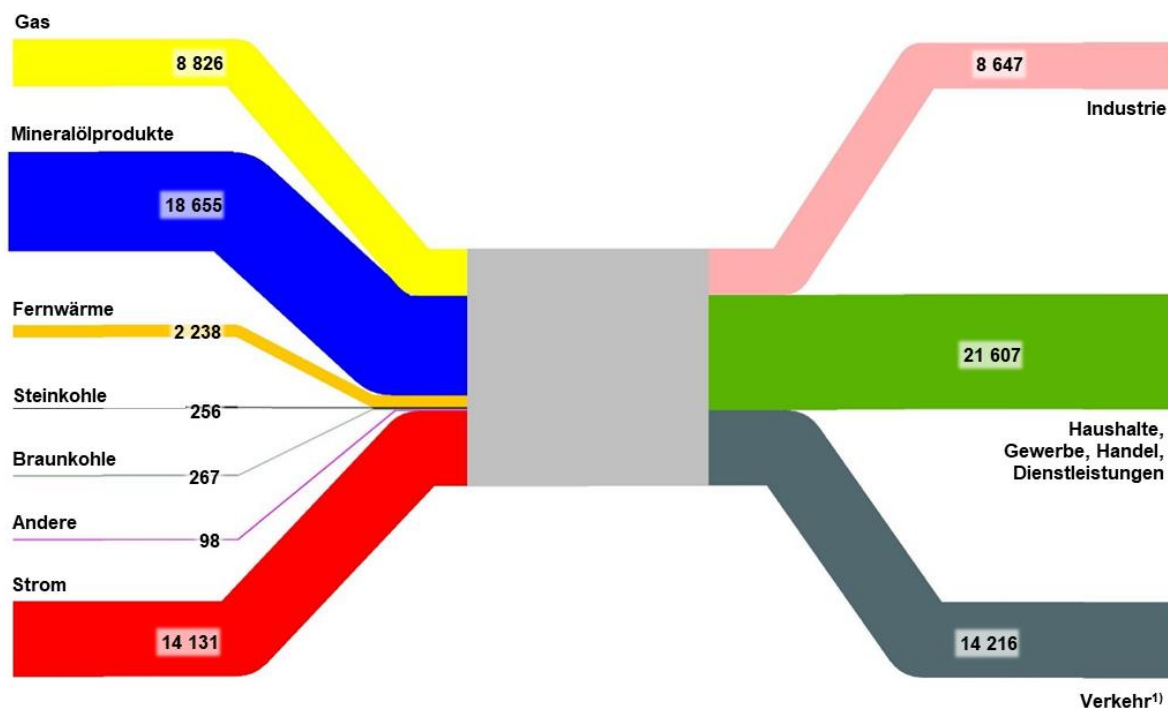
Die Entwicklung in den anderen Emissionssektoren war unterschiedlich. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch von Gasen nahmen in der Industrie um 52 000 t bzw. 2,2 % ab, im Verkehrssektor spielten sie mengenmäßig keine Rolle. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch von Mineralölen und Mineralölprodukten nahmen in der Industrie um 22 000 t bzw. 9,0 % zu und im Verkehrssektor um 76 000 t bzw. 0,6 % ab.

Die stärkste absolute Reduzierung der verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 1990 erfolgte im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“, 2019 wurden hier 7,0 Mill. t CO<sub>2</sub> bzw. 24,5 % weniger emittiert als im Basisjahr. Für die hessische Industrie lagen die Emissionsmengen 6,1 Mill. t bzw. 41,4 % unter dem

Niveau von 1990, im Verkehrssektor waren die Emissionen 1,5 Mill. t bzw. 9,3 % niedriger. Seit 2014 liegen die verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen überwiegend unter 50,0 Mill. t. Der Rückgang ist überwiegend mit der Abnahme der Emissionsintensität des deutschen Strommix zu begründen, welche sich auf die verursacherbezogenen Emissionen aus dem Stromverbrauch auswirkte.

In Abbildung 7 werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern den CO<sub>2</sub>-Emissionen der Endverbrauchssektoren gegenübergestellt. Den größten Emissionsanteil auf Verursacherseite trug mit 48,6 % der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“, gefolgt vom Verkehrssektor (32,0 %) und der hessischen Industrie (19,4 %).

**Abbildung 7 Verursacherbezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen im Jahr 2019 (Sankey Diagramm)**



Angaben in 1000 t CO<sub>2</sub>.

1) Ohne internationalen Luftverkehr.

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

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 angenommenen 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 Verursacherbilanz.



## 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,
- 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 NIR genannten Industrieprozesse können jedoch auch auf Länderebene abgebildet werden.

Berechnungsgrundlage sind Daten aus der „Vierteljährlichen Produktionserhebung“ sowie Einsatzmengen bestimmter Rohstoffe, die separat erhoben wurden. 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.<sup>4</sup>

Um ein Gesamtbild mit dem einheitlichen Basisjahr 1990 – analog zur Indikatorenberichterstattung im Rahmen der Hessischen Nachhaltigkeitsstrategie – zu ermöglichen, wurden mit dem Bilanzjahr 2015 die bisher nicht vorliegenden Werte der Jahre 1990 bis 1994 extrapoliert. Es wurde mit Hilfe einer Regressionsanalyse aus den vorliegenden Angaben eine Regressionsgerade ermittelt und anhand dieser die fehlenden Werte errechnet (Rück(be)rechnung). Bis zum Bilanzjahr 2013 hatte sich die Bilanzierung auf das Basisjahr 1995 bezogen. Hauptgrund dafür war, dass weiter zurückliegende statistische Daten nicht zu ermitteln waren bzw. nicht in der erforderlichen Abgrenzung zur Verfügung standen.

---

<sup>4</sup> Aktuell wird 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 NIR vorzugehen. Bis zum Abschluss dieser Arbeiten erfolgt die Berechnung auf der bisherigen abgestimmten Methodik des Länderarbeitskreises Energiebilanzen, die mit Emissionsfaktoren zum Stand NIR 2020 (UBA 2020) fortgeschrieben wird.

**Tabelle 6      Entwicklung der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2019**

	1990	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019 <sup>1)</sup>
	CO <sub>2</sub> -Emissionen in 1000 t							
Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen	1 020	968	715	693	590	661	658	701
darunter Herstellung von								
Zementklinker	864	709	543	469	310	363	378	374
Kalk	136	245	163	221	274	295	276	323
	Anteile der Industrieprozesse in %							
Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen	100	100	100	100	100	100	100	100
darunter Herstellung von								
Zementklinker	84,7	73,2	75,9	67,7	52,5	54,8	57,4	53,4
Kalk	13,4	25,3	22,8	31,9	46,5	44,7	42,0	46,1
	Entwicklung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes (1990 = 100)							
Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen	100	95	70	68	58	65	64	69
darunter Herstellung von								
Zementklinker	100	82	63	54	36	42	44	43
Kalk	100	180	120	162	201	217	203	237
1) Vorläufige Werte.								

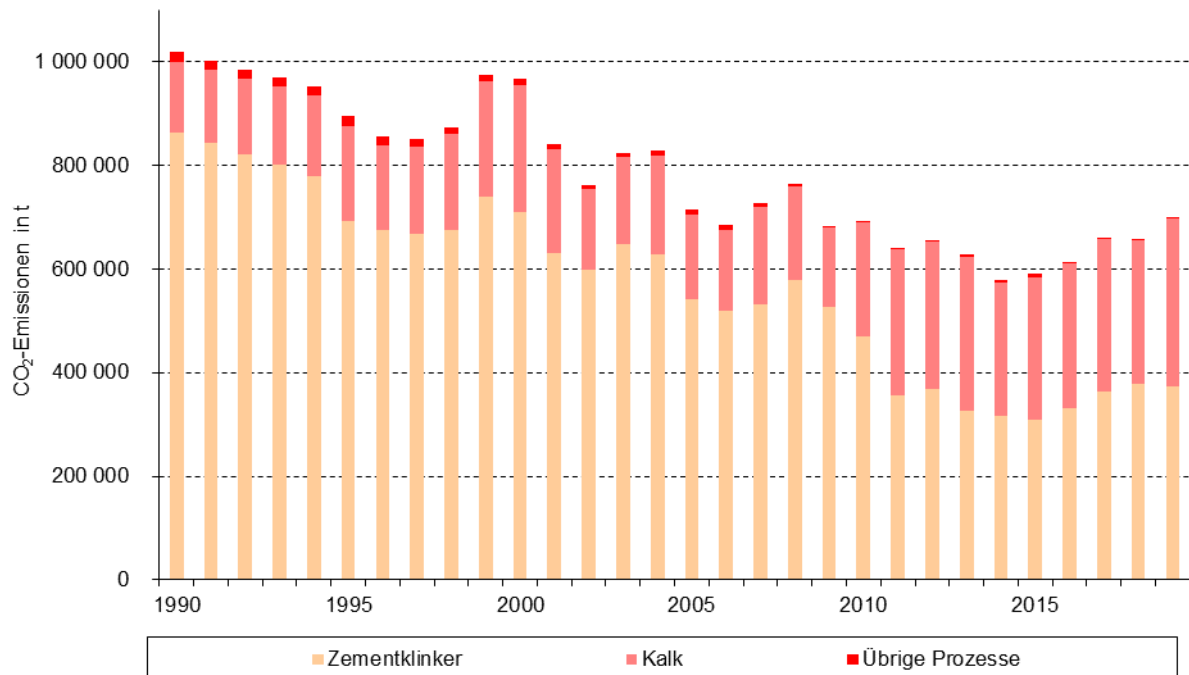
Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

Einen Überblick über die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen gibt Tabelle 6. Im Jahr 2019 wurden prozessbedingt insgesamt 701 000 t CO<sub>2</sub> emittiert. Dabei waren die Herstellung von Kalk und Zementklinkern für 99,5 Prozent der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich.

Im Basisjahr 1990 wurden in Produktionsprozessen insgesamt 1,0 Mill. 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. Seit 2001 ist die Emissionsmenge aus Produktionsprozessen mit einigen Schwankungen rückläufig, was insbesondere auf eine langfristig gesunkene Produktion in der Zementklinkerherstellung zurückzuführen ist (Abbildung 8). Gegenüber 1990 sanken die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen 2019 um 319 000 t bzw. 31,3 %. Im Vergleich zum Vorjahr nahmen sie um 43 000 t bzw. 6,6 % zu. Diese deutliche Zunahme ist auf gestiegene Produktionsmengen in 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.

**Abbildung 8 Entwicklung der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2019**



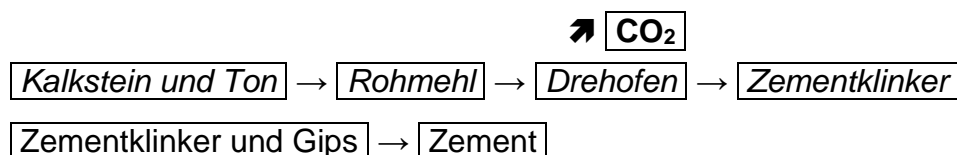
Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; Werte für 2019 vorläufig.

## 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).

Zementklinker und Rohgips sind die Ausgangsstoffe zur Herstellung von Zement, bei der selbst kein CO<sub>2</sub> emittiert wird. Zurzeit besteht die produzierte Zementmenge zum Großteil aus Zementklinker, dessen Herstellung emissionsrelevant ist.

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



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Die Herstellung von Zement ist der bedeutendste Industrieprozess für die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen. Bis einschließlich 2010 waren durchschnittlich 77,7 % der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Freisetzung diesem Industrieprozess zuzuordnen.

2011 fiel der Anteil auf 55,6 % und schwankt seitdem leicht um dieses Niveau (53,4 % im Jahr 2019).

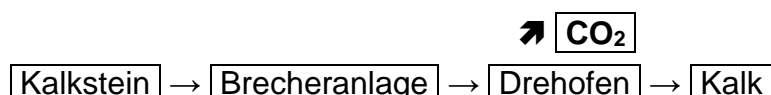
Im Jahr 2019 belief sich der absolute CO<sub>2</sub>-Ausstoß aus der Zementklinkerproduktion in Hessen auf 374 000 t, das waren 3 300 t bzw. 0,9 % weniger als 2018. Gegenüber 1990 reduzierte sich die emittierte CO<sub>2</sub>-Menge um 490 000 t bzw. 56,7 %.

Der hessische Anteil an den gesamten prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der deutschen Zementindustrie ist seit einigen Jahren rückläufig. Bis 2010 lag er bei durchschnittlich 4,7 %, im Jahr 2019 nur noch bei 2,8 %.

## 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 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.

Bis einschließlich 2009 entstanden durchschnittlich 20,4 % der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Freisetzung in Hessen bei der Kalkherstellung. Bis 2013 stieg der Emissionsanteil des Prozesses auf 47,2 %, im Jahr 2019 lag er bei 46,1 %.

Bis zum Jahr 2000 stiegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kalkherstellung kontinuierlich bis auf 245 000 t. Danach schwankten sie in Abhängigkeit von den Produktionsmengen deutlich.

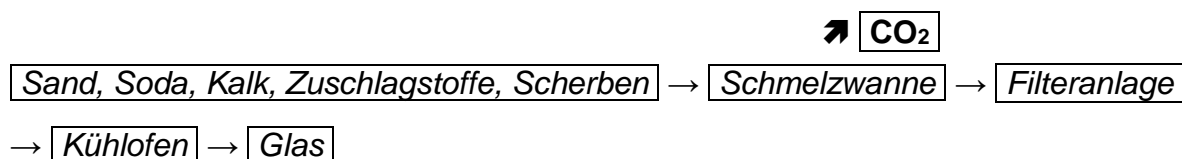
Im Jahr 2019 wurde mit 323 000 t CO<sub>2</sub> der Höchststand der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Kalkherstellung erreicht. Das waren 47 000 t bzw. 17,0 % mehr als im Vorjahr. Im Vergleich zu 1990 haben sich die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kalkherstellung mehr als verdoppelt: 2019 lagen sie 187 000 t bzw. 137,1 % über dem Niveau des Basisjahres.

Der hessische Anteil an den gesamten prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der deutschen Kalkindustrie lag bis zum Jahr 2010 bei durchschnittlich 3,2 %. Bis 2013 verdoppelte er sich nahezu auf 6,2 %. Im Jahr 2019 lag er bei 7,1 % und erreichte damit 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.

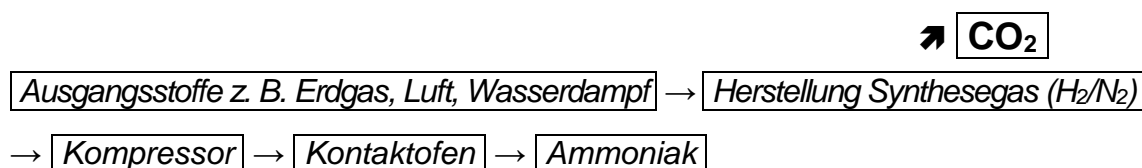
Glasbruch, der mit eingeschmolzen wird, erzeugt kein CO<sub>2</sub>. Für die Berechnungen des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes werden deshalb nur emissionsrelevante Rohstoffeinsatzmengen herangezogen. In Hessen spielen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Glasherstellungsprozessen nur eine untergeordnete Rolle. Hauptsächlich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

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 wurden 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 für die Ammoniakproduktion statt (Abbildung 12).

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



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind abhängig von Menge und Zusammensetzung der Einsatzstoffe. Man kann davon ausgehen, dass der gesamte Kohlenstoff in CO<sub>2</sub> umgewandelt und in die Luft emittiert wird.

Ebenso wie bei der Glasherstellung fallen in Hessen jedoch 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 wurden 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 wurden bisher nur bei Mauer- und Dachziegeln ermittelt.<sup>5</sup> Rohstoff für die Herstellung von Mauer- und Dachziegeln sind in der Regel lokal vorhandene Lehme und Tone, die unterschiedliche Anteile an Kalkstein enthalten. Zur Ziegelherstellung werden dem Rohmaterial organische Porosierungsmittel beigemischt, die beim Brennen der Ziegel verbrennen und so gezielt Hohlräume hinterlassen und CO<sub>2</sub> freisetzen (Abbildung 13). Als Porosierungsmittel kommen vorwiegend erneuerbare Ressourcen (z. B. Schlämme aus der Papierindustrie, Ablaugen aus der Zellstoffgewinnung), in geringen Mengen aber auch nicht erneuerbare Stoffe (vor allem Polystyrol) zum Einsatz.

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



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

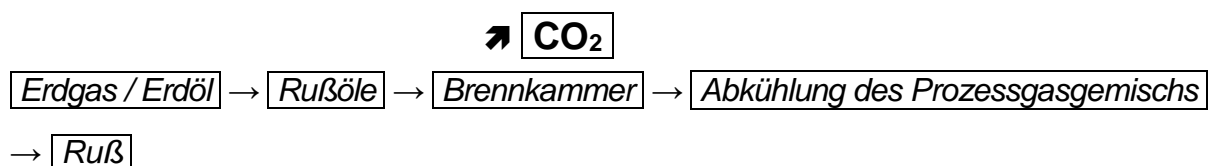
In Hessen findet nach einer mehrjährigen Unterbrechung seit 2013 wieder eine Ziegelherstellung statt, die jedoch nur geringe Mengen CO<sub>2</sub> verursacht. Wegen der notwendigen statistischen Geheimhaltung im Falle von Einzelangaben können die ermittelten Werte nicht im Einzelnen ausgewiesen werden, sie wurden 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. Außerdem wurden die zugrundeliegenden Emissionsfaktoren überarbeitet. Der Länderarbeitskreis Energiebilanzen arbeitet derzeit an einer Berechnungsvorschrift, um diese Methodik auf Länderebene umzusetzen. Aktuell erfolgt die Berechnung der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in diesem Segment auf der bisherigen Berechnungsvorlage gemäß NIR 2017. Die Emissionsfaktoren wurden daher analog zu diesem fortgeschrieben.

## 2.7 Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Herstellung von Ruß (Industrieruß)

Ruß ist ein technisches Produkt (Industrieruß), das durch unvollständige Verbrennung oder Pyrolyse von Kohlenwasserstoffen in großen Mengen hergestellt wird. Das mit Abstand wichtigste Herstellungsverfahren (weltweit 98 %) für Industrieruß ist der Furnace-Prozess. Bei diesem Verfahren wird in einer Brennkammer ein Heißgas von 1200 bis 1800 °C durch Erdgas- oder Ölverbrennung erzeugt. In dieses Heißgas wird dann ein Rußrohstoff, meist aromatenreiche kohle- und erdölstämmige Ruß-Öle, eingedüst. Durch unvollkommene Verbrennung und thermische Spaltung (Pyrolyse) des Rußrohstoffs wird dabei der Ruß gebildet. In diesem Verfahrensschritt werden CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht (Abbildung 14).

**Abbildung 14 Schematische Darstellung der CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei der Rußherstellung**



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Ausschlaggebend für die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind die Produktionsmengen. Die in Hessen produzierten Industrierußmengen waren bis 2015 sehr gering, sodass dadurch kaum CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht wurden. Ab dem Jahr 2016 existierten keine prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Rußherstellung, da die Produktion des letzten hessischen Herstellers mittlerweile stillgelegt wurde.

Wegen der notwendigen statistischen Geheimhaltung im Falle von Einzelangaben können die bis dahin ermittelten Werte nicht im Einzelnen ausgewiesen werden, sie wurden jedoch in der Summe der prozessbedingten Emissionen 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  $\text{CH}_4$ -Emissionen bei, der Nassreisanbau zu 8 %. Darüber hinaus spielten die Gewinnung und der Transport von Gas, der Kohlebergbau sowie die Abfalldeponierung eine wichtige Rolle. In Deutschland trugen die  $\text{CH}_4$ -Emissionen 2019 mit 6,1 % zu den Treibhausgasfreisetzungen bei (ausgedrückt in  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten und ohne Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).

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 NIR folgt. Die Werte für 2019 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 NIR 2021.

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>:

---

<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.ugrdl.de](http://www.ugrdl.de).



*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 (Rösemann, Haenel et al. 2019: 59f). In der Abwasserwirtschaft werden die Emissionen aus Sickergruben sowie aus kommunalen und industriellen Kläranlagen berücksichtigt.

### 3.2 Die Methanemissionen im Einzelnen

Im Jahr 2019 wurden in Hessen gut 74 000 t CH<sub>4</sub> emittiert. Seit 1990 haben sich die CH<sub>4</sub>-Emissionen kontinuierlich verringert, zuletzt lagen sie 145 000 t bzw. 66,2 % 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 2019 um 2,7 Mill. t bzw. 58,2 % unter denen des Basisjahres.

Bezogen auf die Bevölkerung resultierten daraus 2019 für Hessen Pro-Kopf-Emissionen in Höhe von 11,8 kg CH<sub>4</sub>. Auf Bundesebene waren es pro Kopf 23,7 kg CH<sub>4</sub>. Jede Hessin bzw. jeder Hesse emittierte damit nur knapp die Hälfte des Bundesdurchschnitts. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Landwirtschaft als mengenmäßig größter CH<sub>4</sub>-Emittent in der hessischen Wirtschaftsstruktur weniger bedeutsam ist als in der bundesdeutschen.

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

**Tabelle 7 Methanemissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2019**

Gebiet	1990	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019 <sup>1)</sup>	1990/2019
CH <sub>4</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> in t									Veränderungen in %
Hessen	219 627	149 405	114 088	94 069	87 120	83 097	79 370	74 198	– 66,2
Deutschland	4 712 298	3 469 569	2 715 553	2 304 301	2 203 768	2 126 738	2 054 380	1 970 842	– 58,2
Deutschland = 100									
Hessen	4,7	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,9	3,8	
CH <sub>4</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einwohner in kg									Veränderungen in %
Hessen	38,4	24,8	18,9	15,8	14,2	13,3	12,7	11,8	– 69,2
Deutschland	59,4	42,6	33,4	28,7	27,0	25,7	24,8	23,7	– 60,1
Deutschland = 100									
Hessen	64,7	58,3	56,7	54,9	52,6	51,9	51,2	49,8	
1) Für Hessen vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr; ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft.									

Quellen: Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder; Umweltbundesamt, NIR 2021; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Die Entwicklung der hessischen CH<sub>4</sub>-Emissionen in den einzelnen (Unter-)Sektoren zeigt Tabelle 8. Insgesamt nahmen die CH<sub>4</sub>-Emissionen 2019 gegenüber dem Vorjahr um 5 200 t bzw. 6,5 % ab. Der Rückgang ist hauptsächlich auf die Abfallentsorgung zurückzuführen, hier verringerten sich die CH<sub>4</sub>-Emissionen gegenüber 2018 um knapp 5 100 t bzw. 28,5 %. Dies beruht hauptsächlich auf einer deutlichen Reduktion der abgelagerten organischen Abfallmenge in den hessischen Deponien und dem Wegfallen der letzten hohen Werte (vor 15 Jahren) aus der Berechnungsmethodik.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Abfallentsorgung lagen damit 118 000 t bzw. 90,3 % unter dem Niveau von 1990, das ist mit Abstand der größte Rückgang aller Emissionssektoren. 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, kam es außerdem zu einer verstärkten Verbrennung von Siedlungsabfällen, zur Ausweitung der mechanisch-biologischen Behandlung von Restabfällen sowie zu einer besseren Fassung und Verwertung von Deponiegas. Die daraus resultierende Reduzierung der Ausgasung aus deponierten Siedlungsabfällen wirkte sich deutlich auf die CH<sub>4</sub>-Emissionen der Abfallentsorgung aus.

Eine weitere Emissionsreduzierung ergab sich in der Landwirtschaft, hier sanken die Emissionen 2019 im Vergleich zum Vorjahr um 450 t bzw. 1,1 %. Im Jahr 2019 kamen 53,9 % 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 zu einer Verringerung der Emissionen.

<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 2019 machten sie 2,5 % der gesamten CH<sub>4</sub>-Emissionen aus.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen von stationären Feuerungsanlagen sowie aus der Energiegewinnung und -verteilung nahmen 2019 gegenüber dem Vorjahr zu. Sie stiegen um 158 t bzw. 228 t und schwächten die Emissionsabnahme aus Landwirtschaft und Abfallentsorgung ab. Dies ist in Hessen vor allem auf die diffusen Emissionen aus der Gasverteilung zurückzuführen, die auf Basis der Rohrnetze bzw. Rohrnetzlängen ermittelt werden. Neuberechnungen des Rohrnetzes analog zum NIR 2021 führten in der gesamten Zeitreihe in allen Bundesländern zu niedrigeren CH<sub>4</sub>-Emissionen gegenüber dem Datenstand der letzten Treibhausgasbilanz.

**Tabelle 8      Entwicklung der Methanemissionen in Hessen von 1990 bis 2019 nach Sektoren**

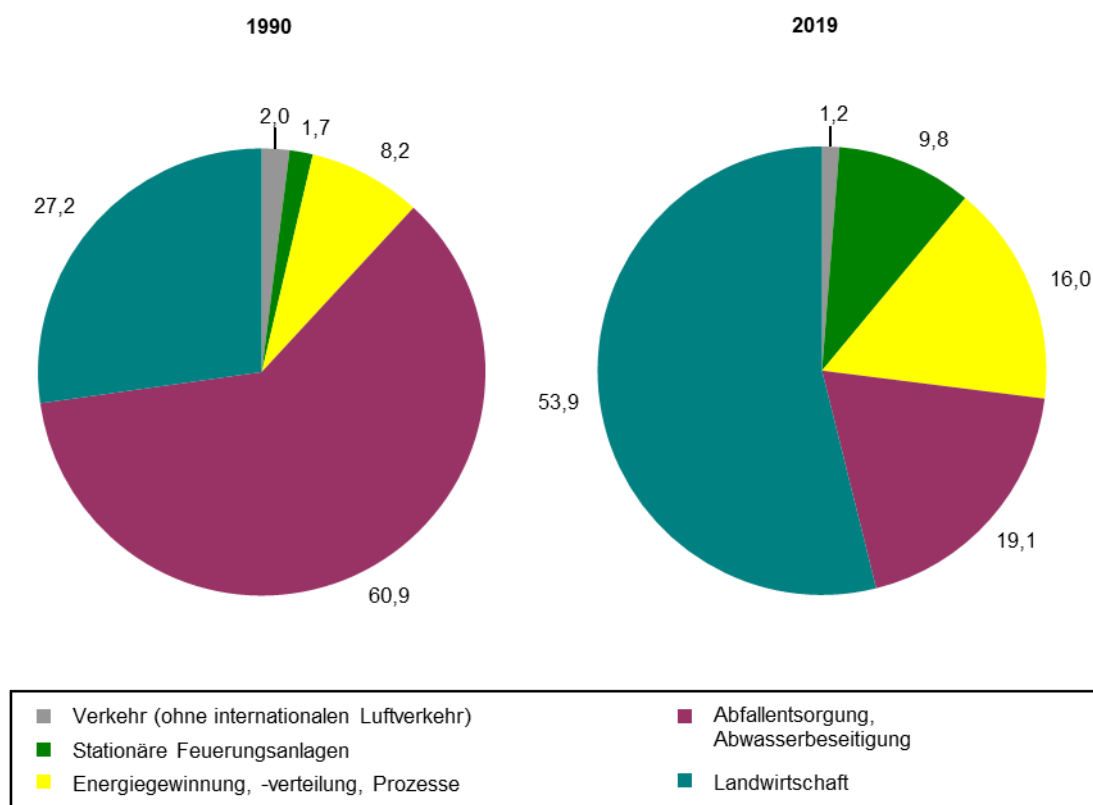
Emissionssektor	1990	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019 <sup>1)</sup>
	CH <sub>4</sub> -Emissionen in t							
Verkehr gesamt <sup>2)</sup>	4 381	1 763	1 201	939	887	943	923	917
Stationäre Feuerungsanlagen	3 697	3 706	4 463	5 280	6 440	6 641	7 099	7 257
Energiegewinnung/-verteilung	17 975	14 432	12 131	10 751	11 046	11 465	11 529	11 757
Abwasserbeseitigung	2 739	1 997	1 978	1 751	1 611	1 550	1 518	1 484
Abfallentsorgung	131 001	78 685	49 177	31 495	24 295	20 982	17 759	12 703
Landwirtschaft	59 822	48 758	45 061	43 747	42 727	41 410	40 432	39 982
Prozesse, Produktanwendungen	13	62	78	106	114	106	111	98
<b>Methanemissionen insgesamt<sup>3)</sup></b>	<b>219 627</b>	<b>149 405</b>	<b>114 088</b>	<b>94 069</b>	<b>87 120</b>	<b>83 097</b>	<b>79 370</b>	<b>74 198</b>
	Struktur der CH <sub>4</sub> -Emissionen in %							
Verkehr gesamt <sup>2)</sup>	2,0	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2
Stationäre Feuerungsanlagen	1,7	2,5	3,9	5,6	7,4	8,0	8,9	9,8
Energiegewinnung/-verteilung	8,2	9,7	10,6	11,4	12,7	13,8	14,5	15,8
Abwasserbeseitigung	1,2	1,3	1,7	1,9	1,8	1,9	1,9	2,0
Abfallentsorgung	59,6	52,7	43,1	33,5	27,9	25,3	22,4	17,1
Landwirtschaft	27,2	32,6	39,5	46,5	49,0	49,8	50,9	53,9
Prozesse, Produktanwendungen	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<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	40	27	21	20	22	21	21
Stationäre Feuerungsanlagen	100	100	121	143	174	180	192	196
Energiegewinnung/-verteilung	100	80	67	60	61	64	64	65
Abwasserbeseitigung	100	73	72	64	59	57	55	54
Abfallentsorgung	100	60	38	24	19	16	14	10
Landwirtschaft	100	82	75	73	71	69	68	67
Prozesse, Produktanwendungen	100	471	592	810	872	807	846	747
<b>Methanemissionen insgesamt<sup>3)</sup></b>	<b>100</b>	<b>68</b>	<b>52</b>	<b>43</b>	<b>40</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>34</b>
1) Vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr. – 3) Ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft.								

Quellen: Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Der Verkehrssektor spielt für das CH<sub>4</sub>-Emissionsgeschehen mengenmäßig eine untergeordnete Rolle. Gleiches gilt für die Abwasserbeseitigung sowie Prozesse und Produktanwendungen.

Die sektorale Struktur der CH<sub>4</sub>-Emissionen hat sich seit 1990 deutlich verändert (Abbildung 15). Damals waren Abfallentsorgung und Abwasserbeseitigung für 60,9 % 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, 2019 betrug er nur noch 19,1 %. Der Emissionsanteil der Landwirtschaft ist deutlich gestiegen, von 27,2 % im Jahr 1990 auf 53,9 % in 2019. Absolut reduzierten sich die Emissionen des Sektors erkennbar, allerdings nicht so stark wie die Gesamtemissionen. Dadurch nahm auch der Emissionsanteil der „Energiegewinnung, -verteilung, Prozesse“ trotz insgesamt rückläufiger CH<sub>4</sub>-Emissionen zu. Der Anteil der stationären Feuerungsanlagen nahm deutlich zu, dies ist der einzige Sektor, in dem seit 1990 eine nennenswerte absolute Emissionszunahme erfolgte. Der Emissionsanteil des Verkehrssektors halbierte sich annähernd, jedoch auf vergleichsweise niedrigem Niveau.

**Abbildung 15 Struktur der Methanemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2019**



Quellen: Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; vorläufige Werte für 2019.

Bei einem Vergleich der sektoralen Emissionsanteile zwischen Hessen und Deutschland fallen geringe Unterschiede auf. Die Landwirtschaft hat in Deutschland mit 62,6 % einen um 8,7 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, stationären und mobilen Feuerungsanlagen sowie Energieverteilung) hat in Deutschland mit

18,8 % dagegen einen um 8,1 Prozentpunkte geringeren Emissionsanteil als in Hessen. Am geringsten fällt der Unterschied im Bereich Abfall- und Abwasserwirtschaft aus. Hier liegt der Anteil auf Bundesebene mit 17,0 % um 2,1 Prozentpunkte unter 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 2019 in Deutschland mit 4,3 % zu den gesamten Treibhausgasfreisetzungen bei (ausgedrückt in  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten und ohne Berücksichtigung von Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).

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 NIR folgt. Die Werte für 2019 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 NIR 2021.

Für die Sektoren „Verkehr“, „Stationäre Feuerungsanlagen“, „Abwasserbeseitigung“ und „Abfallentsorgung“ wird überwiegend analog zur Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen vorgegangen (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.

Bei der Berechnung der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus der landwirtschaftlichen Bodennutzung wurde eine Aktualisierung der verwendeten Emissionsfaktoren durchgeführt. Dadurch kommt es in dem Sektor Landwirtschaft zu einer sichtbaren Veränderung gegenüber dem Datenstand der letzten Treibhausgasbilanz.

### 4.2 Die Lachgasemissionen im Einzelnen

Im Jahr 2019 wurden in Hessen 4 300 t  $\text{N}_2\text{O}$  freigesetzt, die Emissionen blieben damit im Vergleich zum Vorjahr konstant (Tabelle 9). Im Vergleich zu 1990 reduzierten sich

die N<sub>2</sub>O-Emissionen um 1 300 t bzw. 23,6 %. Der hessische Anteil an den N<sub>2</sub>O-Emissionen Deutschlands lag 2019 bei 3,6 % und damit 0,4 Prozentpunkte über dem durchschnittlichen Wert im Betrachtungszeitraum. Dieser Anteil hat sich seit 1990 um 1,1 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 für die dort verbuchte Verwendung von Stickstoffdünger 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 in Deutschland von 1990 bis 2019**

Gebiet	1990	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019 <sup>1)</sup>	1990/2019
N <sub>2</sub> O-Emissionen <sup>2)</sup> in t									Veränderungen in %
Hessen	5 575	4 999	4 459	4 428	4 565	4 499	4 270	4 262	– 23,6
Deutschland	217 776	143 381	146 845	124 168	128 966	126 200	120 160	117 859	– 45,9
Deutschland = 100									
Hessen	2,6	3,5	3,0	3,6	3,5	3,6	3,6	3,6	
N <sub>2</sub> O-Emissionen <sup>2)</sup> je Einwohnerin bzw. Einwohner in kg									Veränderungen in %
Hessen	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	– 30,4
Deutschland	2,7	1,8	1,8	1,5	1,6	1,5	1,4	1,4	– 48,3
Deutschland = 100									
Hessen	35,5	47,2	41,0	48,0	47,1	47,3	47,1	47,9	
1) Für Hessen vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr; ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft.									

Quellen: Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Umweltbundesamt, NIR 2021; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

In Deutschland reduzierten sich die N<sub>2</sub>O-Emissionen 2019 gegenüber dem Vorjahr um 2 300 t bzw. 1,9 %. Im Vergleich zu 1990 waren sie 99 900 t bzw. 45,9 % niedriger. Während die hessischen N<sub>2</sub>O-Emissionen im Betrachtungszeitraum stark schwanken und keinem klar erkennbaren Reduktionspfad folgen, sind auf Bundesebene zwei markante Emissionsrückgänge erkennbar, die beide auf die chemische Industrie zurückgehen. Ende der neunziger Jahre und Ende der 2000er Jahre reduzierte der Sektor seine N<sub>2</sub>O-Emissionen sehr deutlich und nachhaltig: Im Jahr 2019 waren die hessischen N<sub>2</sub>O-Emissionen 75 000 t bzw. 95,9 % 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 2019 durchschnittlich 0,7 kg N<sub>2</sub>O-Emissionen, auf Bundesebene waren es 1,4 kg pro Kopf. Die Pro-Kopf-Emissionen der hessischen Bevölkerung waren mit 47,9 % 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.

Auch wenn 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 0,7 kg N<sub>2</sub>O etwa 202,3 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 Entwicklung der Lachgasemissionen in Hessen von 1990 bis 2019 nach Sektoren**

Emissionssektor	1990	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019 <sup>1)</sup>
N <sub>2</sub> O-Emissionen in t								
Verkehr gesamt <sup>2)</sup>	269	472	279	357	439	482	494	495
Feuerungsanlagen	387	351	368	384	350	351	355	348
Abfall-/Abwasserwirtschaft	331	254	248	192	211	225	217	226
Landwirtschaft	4 090	3 613	3 418	3 378	3 468	3 348	3 103	3 099
darunter								
Bodennutzung	3 604	3 189	3 006	2 963	3 081	2 974	2 737	2 738
Wirtschaftsdünger	486	423	406	389	364	353	345	340
Prozesse, Produktanwendungen	498	309	147	116	97	93	102	94
<b>N<sub>2</sub>O-Emissionen insgesamt<sup>3)</sup></b>	<b>5 575</b>	<b>4 999</b>	<b>4 459</b>	<b>4 428</b>	<b>4 565</b>	<b>4 499</b>	<b>4 270</b>	<b>4 262</b>
Struktur der N <sub>2</sub> O-Emissionen in %								
Verkehr gesamt <sup>2)</sup>	4,8	9,4	6,2	8,1	9,6	10,7	11,6	11,6
Feuerungsanlagen	6,9	7,0	8,2	8,7	7,7	7,8	8,3	8,2
Abfall-/Abwasserwirtschaft	5,9	5,1	5,6	4,3	4,6	5,0	5,1	5,3
Landwirtschaft	73,4	72,3	76,7	76,3	76,0	74,4	72,7	72,7
darunter								
Bodennutzung	64,6	63,8	67,4	66,9	67,5	66,1	64,1	64,3
Wirtschaftsdünger	8,7	8,5	9,1	8,8	8,0	7,8	8,1	8,0
Prozesse, Produktanwendungen	8,9	6,2	3,3	2,6	2,1	2,1	2,4	2,2
<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	176	104	133	163	179	184	184
Feuerungsanlagen	100	91	95	99	90	91	92	90
Abfall-/Abwasserwirtschaft	100	77	75	58	64	68	66	68
Landwirtschaft	100	88	84	83	85	82	76	76
darunter								
Bodennutzung	100	88	83	82	85	83	76	76
Wirtschaftsdünger	100	87	84	80	75	73	71	70
Prozesse, Produktanwendungen	100	62	30	23	19	19	21	19
<b>N<sub>2</sub>O-Emissionen insgesamt<sup>3)</sup></b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>79</b>	<b>82</b>	<b>81</b>	<b>77</b>	<b>76</b>
1) Vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr. – 3) Ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft.								

Quellen: Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

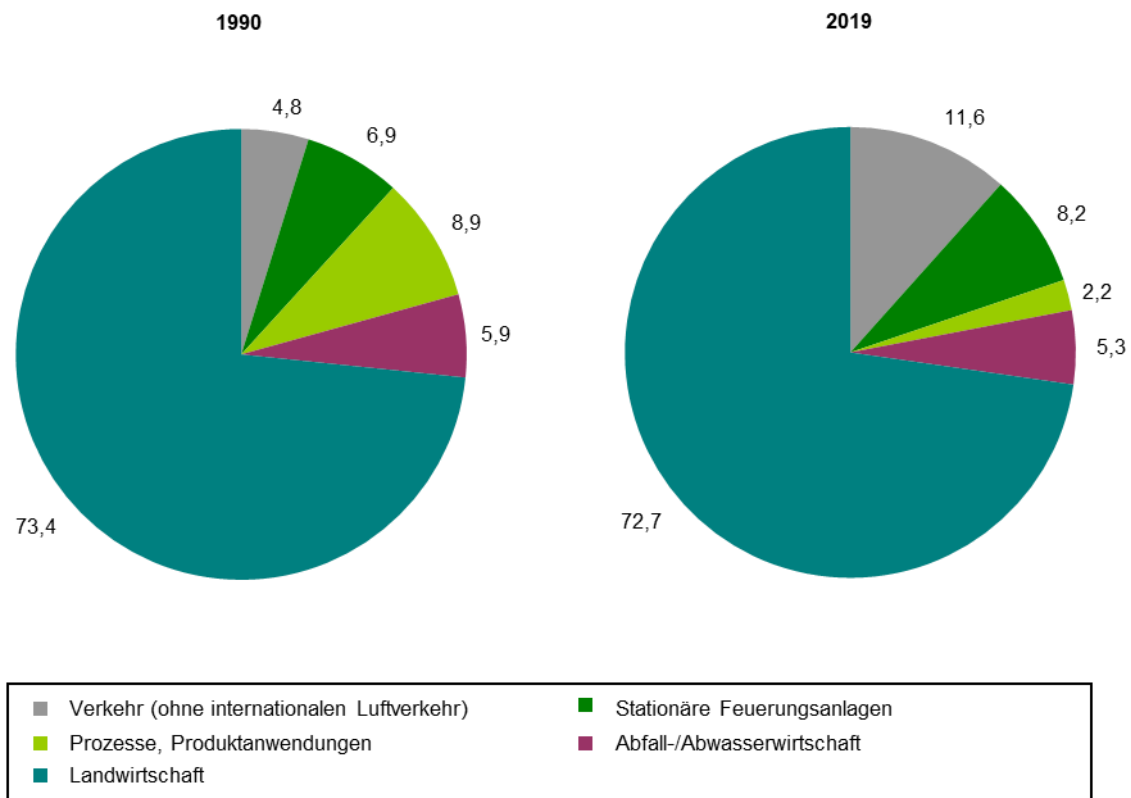
Tabelle 10 zeigt die Entwicklung der N<sub>2</sub>O-Emissionen in den einzelnen Emissionssektoren. Darin ist erkennbar, dass sich die (Unter-)Sektoren gegenüber dem Vorjahr nur sehr geringfügig verändert haben. Die größte absolute Veränderung beträgt nur knapp 9 t N<sub>2</sub>O.



Die sektoralen Anteile an den N<sub>2</sub>O-Emissionen haben sich zwischen 1990 und 2019 nicht so deutlich verändert wie bei den CH<sub>4</sub>-Emissionen (Abbildung 16). Die Landwirtschaft trug 2019 mit 72,7 % weiterhin den mit Abstand größten Anteil bei. Zu einem eindeutigen Rückgang kam es im Bereich Prozesse und Produktanwendungen. Diese Entwicklung fand jedoch überwiegend vor 2010 statt, in den letzten Jahren blieben die N<sub>2</sub>O-Emissionen des Sektors nahezu konstant. Im Gegensatz dazu ist der Verkehrssektor seit 2005 stetig gestiegen.

Die sektoralen Anteile der N<sub>2</sub>O-Emissionen sind in Hessen und Deutschland ähnlich: Die Sektoren Verkehr sowie Abfall- und Abwasserwirtschaft besitzen in Hessen etwas höhere Anteile und die Landwirtschaft, Energie sowie Prozesse und Produktanwendung etwas niedrigere Anteile als in Deutschland.

**Abbildung 16 Struktur der Lachgasemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2019**



Quellen: Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; vorläufige Werte für 2019.

## 5 F-Gas-Emissionen

In die hessische Treibhausgasbilanz werden 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 1987 reduziert wird. F-Gase besitzen eine starke Treibhausgaswirkung: ihre GWP-Werte sind bis zu 23 000 Mal größer als die von Kohlendioxid.

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 heute als Kältemittel in Kälte- und Klimaanlageanlagen, als Treibgas in Sprays, als Treibmittel in Schäumen und Dämmstoffen und als Feuerlöschmittel.

Die Emissionen der F-Gase trugen 2019 in Deutschland etwa 1,7 % zu den gesamten Treibhausgasemissionen bei (ausgedrückt in  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten und ohne Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft). Seit 1995 sind die fluorierten Treibhausgasemissionen um 18,2 % gesunken. Die Entwicklung der einzelnen Substanzgruppen verläuft – in Abhängigkeit von der Einführung neuer Technologien, der Verwendung bestimmter Stoffe als Substitute, und wirksamer gesetzlicher Regelungen – recht inhomogen. So sanken die FKW- und  $\text{SF}_6$ -Emissionen seit 1995 in Deutschland deutlich, während die HFKW-Emissionen erheblich und die  $\text{NF}_3$ -Emissionen auf niedrigem Niveau anstiegen.

In Zukunft ist damit zu rechnen, dass die F-Gas-Emissionen weiter abnehmen. Im Kyoto-Protokoll sowie dem Kigali-Beschluss 2016 im Rahmen des Montrealer Protokolls sind die fluorierten Treibhausgase inzwischen wegen ihrer hohen Klimawirksamkeit enthalten. Auf europäischer Ebene bestimmt die Verordnung (EU) Nr. 517/2014 eine schrittweise Begrenzung der Verkaufsmengen von HFKW und Verwendungsverbote weiterer F-Gase. Dies wird sich zeitversetzt auf die Höhe der Emissionen auswirken.

Die Berechnung der F-Gas-Emissionen basiert auf den Bundeswerten (NIR) 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 demnach auf Länderebene nicht vor. Der gegenwärtige Berechnungsstand der hessischen F-Gas-Emissionen basiert auf dem NIR 2021.

Tabelle 11 bildet die Treibhausgasemissionen der F-Gase in Hessen und Deutschland zwischen 1990 und 2019 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.

**Tabelle 11 F-Gas-Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2019**

Gebiet	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	1990/2019
F-Gas-Emissionen in 1000 t CO <sub>2</sub> -Äquivalenten										Veränderungen in %
Hessen	965	1 255	981	1 050	1 059	1 136	1 162	1 102	1 056	9,4
Deutschland	13 395	17 092	13 293	14 184	14 247	15 126	15 417	14 611	13 978	4,3
Deutschland = 100										
Hessen	7,2	7,3	7,4	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	7,6	

Quellen: Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Umweltbundesamt, NIR 2021; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Im Jahr 2019 wurden in Hessen 1,1 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente F-Gas freigesetzt. Damit gingen Sie im Vergleich zum Vorjahr um 4,2 % zurück und setzten den seit 2017 zu beobachteten Abwärtstrend weiter fort. Im Vergleich zu 1990 stiegen die F-Gas-Emissionen um 91 000 t CO<sub>2</sub>äq bzw. 9,4 % an. Ihren Höchststand erreichten die F-Gase allerdings erst 1995 mit 1,3 Mill. t CO<sub>2</sub>äq. Im Vergleich zu diesem späteren Stand (vom NIR als Basisjahr der F-Gase definiert) sind die F-Gas-Emissionen in Hessen um 15,9 % zurückgegangen. Auf Bundesebene reduzierten sie sich noch etwas stärker: Hier lagen die F-Gas-Emissionen im Jahr 2019 um 3,1 Mill. t CO<sub>2</sub>äq bzw. 18,2 % unter dem Höchststand im Jahr 1995.

Grund für den Rückgang sind wirksame 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. Trotzdem sind die Emissionen von Mitte 2000 bis 2017 gestiegen. Dies beruht vor allem auf dem verstärkten Einsatz von HFKW als Kältemittel in Kälte- und Klimaanlage.

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

In der hessischen Treibhausgasbilanz werden seit Bilanzjahr 2015 Daten für den Berichtssektor „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“ (Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF) berichtet. 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 NIR verwendet werden. Diese Daten werden den Mitgliedern des AK UGRdL durch das Thünen-Institut zur Verfügung gestellt. 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.

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 NIR 2021.

Die diesjährige Methodenumstellung berücksichtigt zum ersten Mal den jährlichen Holzeinschlag, welcher neben Bewirtschaftungsfaktoren stark abhängig von Schadergebnissen ist. So führte beispielsweise 1990 eine Serie von Orkanen in Deutschland durch hohen Holzeinschlag zu einer außergewöhnlich geringen Kohlenstoffspeicherung.

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 (CO<sub>2</sub>äq) umgerechnet. Tabelle 12 bildet die Mengen der Treibhausgasemissionen bzw. -senken des LULUCF-Sektors in Hessen zwischen 1990 und 2019 nach Treibhausgasen ab. Die abgebildeten Mengen sind die Summen der verschiedenen Landnutzungsformen, wie z. B. Wald, Grün- und Ackerland oder Siedlungen (siehe NIR für eine vollständige Übersicht der verschiedenen Landnutzungsformen).

**Tabelle 12 Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft in Hessen von 1990 bis 2019**

Treibhausgas	Chemische Formel	GWP	1990	1991	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019
			Emissionen in 1000 t CO <sub>2</sub> -Äquivalenten								
Kohlendioxid	CO <sub>2</sub>	1	- 1 712	- 6 032	- 4 873	- 2 705	- 3 991	- 4 982	- 4 838	- 4 495	- 4 480
Methan	CH <sub>4</sub>	25	4	4	4	5	5	5	5	5	5
Lachgas	N <sub>2</sub> O	298	24	25	23	39	26	28	34	35	37
<b>Insgesamt</b>			<b>- 1 683</b>	<b>- 6 004</b>	<b>- 4 845</b>	<b>- 2 662</b>	<b>- 3 960</b>	<b>- 4 949</b>	<b>- 4 799</b>	<b>- 4 454</b>	<b>- 4 438</b>

Anmerkung: Negative Werte entsprechen Emissionssenkten.

Quelle: Thünen-Institut.

Der LULUCF-Sektor wirkte im Betrachtungszeitraum in Hessen als Kohlenstoffsенке, indem große Mengen CO<sub>2</sub> aufgenommen und gespeichert wurden. Die Netto-Emissionen des Sektors (ausgestoßene Treibhausgase minus gespeicherte Treibhausgase) betrugen 2019 insgesamt – 4,4 Mill. t CO<sub>2</sub>äq, das heißt es wurden mehr Treibhausgase aufgenommen als ausgestoßen. Zurückzuführen ist das hauptsächlich auf die CO<sub>2</sub>-Speicherung von Biomasse in Wäldern. Auch Gehölze, die zur Landnutzungsform Grünland zählen, speicherten mehr CO<sub>2</sub> als sie ausstießen. Dagegen wurde durch Landnutzung in Form von Ackerland und Siedlungen deutlich mehr CO<sub>2</sub> ausgestoßen als aufgenommen. Im Jahr 2019 betrugen die Netto-Emissionen von CO<sub>2</sub> – 4,5 Mill. t, die CO<sub>2</sub>-Aufnahme des LULUCF-Sektors ging damit gegenüber 1991 – aufgrund hohem Sturmaufkommen gilt 1990 für CO<sub>2</sub> als Ausreißer – um 1,6 Mill. t CO<sub>2</sub> bzw. 25,7 % zurück.

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 Grün- und Ackerland sowie in Siedlungen. Der CH<sub>4</sub>-Ausstoß lag 2019 insgesamt um knapp 877 t CO<sub>2</sub>äq bzw. 21,0 % höher als 1990, der N<sub>2</sub>O-Ausstoß nahm mit 12 000 t CO<sub>2</sub>äq bzw. 51,0 % deutlich zu. Diese Emissionen spielen gegenüber den CO<sub>2</sub>-Mengen jedoch eine untergeordnete Rolle.

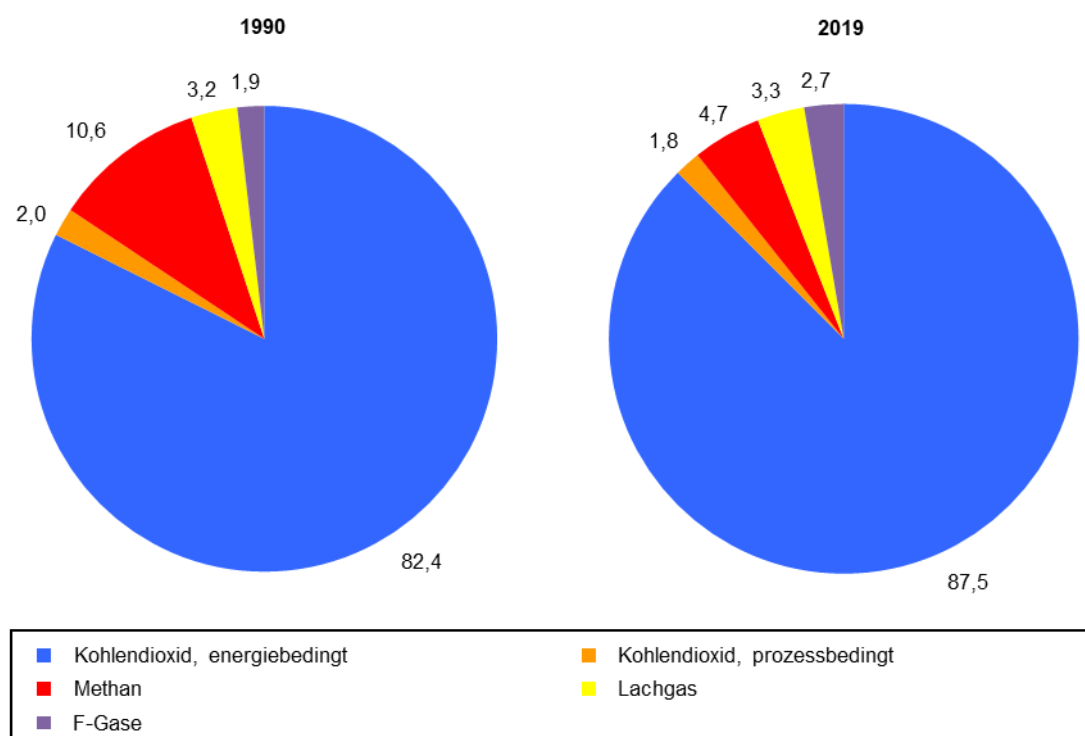
Die insgesamt rückläufige Senkenwirkung des LULUCF-Sektors gegenüber 1990 ist überwiegend auf die gesunkene CO<sub>2</sub>-Speicherung von Biomasse in Wäldern zurückzuführen. Außerdem sind die Emissionen aus den Landnutzungsformen Ackerland und Siedlungen zu großen Teilen auf die Konversion – also die Nutzungsänderung von Flächen – zurückzuführen, die zuvor den Landnutzungsformen Wald und Grünland zuzuordnen waren. Die Senkenwirkung des LULUCF-Sektors ging 2019 im Vergleich zu 1991 insgesamt um 1,6 Mill. t CO<sub>2</sub>äq bzw. 26,1 % zurück.

## 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 ( $\text{CO}_2\text{äq}$ ) dargestellt und stehen seit 1990 zur Verfügung.

In Hessen wurden 2019 – ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs – insgesamt 39,1 Mill. t  $\text{CO}_2$ -Äquivalente emittiert. Der Großteil der Emissionen entfiel mit 34,9 Mill. t  $\text{CO}_2$  bzw. 89,3 % auf den energie- und prozessbedingten  $\text{CO}_2$ -Ausstoß. Methan machte mit 4,7 % den nächstgrößten Anteil aus, gefolgt von Lachgas (3,3 %) und F-Gasen (2,7 %). Der Anteil an  $\text{CH}_4$  hat sich mit einem Rückgang von 5,8 Prozentpunkten seit dem Basisjahr am stärksten verändert (Abbildung 17).

**Abbildung 17 Struktur der Gesamtemissionen in Hessen in  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten in den Jahren 1990 und 2019**



Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes; vorläufige Werte für 2019.

Gegenüber dem Vorjahr nahmen die Treibhausgasemissionen nur um 200 000 t  $\text{CO}_2\text{äq}$  bzw. 0,5 % ab, aufgrund verschiedener Besonderheiten des Jahres 2019 entwickelten sich die einzelnen Emissionssektoren jedoch unterschiedlich. Der hessische Energiesektor (Energieerzeugung/-umwandlung) konnte seinen energiebedingten  $\text{CO}_2$ -Ausstoß am stärksten reduzieren (minus 8,1 %). Damit wurden die Emissionen des bisherigen, durch die Reparaturarbeiten am Kraftwerksblock Staudinger 5 verursachten, Tiefstandes aus dem Jahr 2014 unterschritten. Ursächlich dafür war

wie in den Vorjahren eine weitere Verschiebung des Umwandlungseinsatzes zu weniger emissionsintensiven bzw. emissionsneutralen Energieträgern. Insbesondere der rückläufige Einsatz von Stein- und Braunkohle zugunsten von Gas ist hier bedeutsam. Entgegen dem aktuellen Trend der anderen Emissionssektoren stiegen die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Sektors „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ 2019 im Vergleich zum Vorjahr mit 6,2 % deutlich an. Damit glichen sie die Emissionsreduktion der anderen Sektoren nahezu aus. Der Anstieg ist unter Berücksichtigung der außerordentlich milden Witterung im Jahr 2018 zu bewerten: die Emissionen werden hauptsächlich vom Heizbedarf bzw. dem Einsatz von Heizöl und Erdgas bestimmt. Eine wichtige Rolle spielten zudem niedrigere Heizölpreise.

Von den vier Treibhausgasen zeigte Methan die deutlichste Emissionsverringering gegenüber dem Vorjahr (- 129 000 t CO<sub>2</sub>äq bzw. - 6,5 %). Der überdurchschnittliche Rückgang beruht hauptsächlich auf einer geringeren Menge an abgelagertem organischen Abfall.

Für das Berichtsjahr 2020 hat sich die hessische Landesregierung im *Integrierten Klimaschutzplan Hessen 2025* das Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990 um 30 % zu reduzieren. Die hessischen Treibhausgasemissionen waren im Jahr 2019 insgesamt 24,6 % niedriger als 1990. Die Entwicklung der einzelnen Treibhausgase gegenüber dem Basisjahr verlief unterschiedlich:

Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> , energiebedingt)	– 19,9 %,
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> , prozessbedingt)	– 31,3 %,
Methan (CH <sub>4</sub> )	– 66,2 %,
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	– 23,6 %,
F-Gase	+ 9,4 %.

Dem hessischen Ziel für 2020 fehlen auf Basis der vorliegenden Daten somit noch einige Prozentpunkte. Ein Erreichen des Vorsatzes ist jedoch weiterhin möglich, beispielsweise durch eine Minderung analog zu Deutschland: im Jahr 2020 verringerte der Bund seine Emissionen nach Schätzungen des Umweltbundesamtes um 8,7 %. Dieser Rückgang beruht maßgeblich auf Folgen der Corona-Pandemie, vor allem im Verkehrs- und Energiebereich. Einen großen Einfluss auf die hessischen Emissionen wird besonders der Verkehrssektor haben, da er mit einem Anteil von 40,3 % die bedeutendste Quelle für die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen ist. Eine sichere Aussage zu dem Erreichen des hessischen Klimaschutzziels wird aber erst mit der Treibhausgasbilanz für das Jahr 2020, die 2022 erscheint, gemacht werden können.

## Verwendete Abkürzungen

BIP	Bruttoinlandsprodukt
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
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.) = Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry
Mill.	Million(en)
N <sub>2</sub> O	Distickstoffoxid = Lachgas
NF <sub>3</sub>	Stickstofftrifluorid
NACE	Nomenclature générale des activités économiques dans les Communautés Européennes (franz.) = Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft
NE-Metalle	Nichteisenmetalle
NIR	National Inventory Report (engl.) = Nationaler Inventarbericht
PEV	Primärenergieverbrauch
Rev.	Revision (franz.) = Überarbeitungsstand
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 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.statistik-hessen.de/erwerbstaetigenrechnung](http://www.statistik-hessen.de/erwerbstaetigenrechnung).
- Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder, [www.ugrdl.de](http://www.ugrdl.de).
- Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, [www.vgrdl.de](http://www.vgrdl.de).
- Arikan, S. (2015), „Regionale Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen: Neue Methoden und neue Ergebnisse“, in: Staat und Wirtschaft in Hessen 6/2015.
- Emmel, W. (2015), „Das Europäische System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen 2010: Einführung in die Regionalrechnungen“, in: Staat und Wirtschaft in Hessen 2/2015.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) (2017), „Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025“, Wiesbaden.
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (HMWEVW) (2020), „Energiewende in Hessen. Monitoringbericht 2020“, Wiesbaden.
- Hessisches Statistisches Landesamt (HSL) (2020), „Nachhaltigkeitsstrategie Hessen. Ziele und Indikatoren – Fortschrittsbericht 2020“, Wiesbaden.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013), „Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change“, Cambridge/New York.
- Institut Wohnen und Umwelt (IWU) (2021), „Berechnungswerkzeuge für EnEV und Energieberatung. Gradtagszahlen in Deutschland“, verfügbar unter <https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/energiebilanzen/#c205> [abgerufen am 25.10.2021].
- Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008).
- Länderarbeitskreis Energiebilanzen, [www.lak-energiebilanzen.de](http://www.lak-energiebilanzen.de).
- Rösemann, Haenel et al. (2019), „Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2017: Report on methods and data (RMD) Submission 2019“, Thünen Report 67, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Statistisches Bundesamt, [www.destatis.de](http://www.destatis.de).
- Statistisches Bundesamt (2021), „Luftverkehr auf allen Flugplätzen 2019“, Fachserie 8 Reihe 6.2, Wiesbaden.
- Umweltbundesamt (2013), „Kyoto-Protokoll. Entstehungsgeschichte und erste Verpflichtungsperiode“, verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/internationale-eu-klimapolitik/kyoto-protokoll> [abgerufen am 25.10.2021].

- Umweltbundesamt (2021a), „Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2019“, Dessau.
- Umweltbundesamt (2021b), „Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2019“, Dessau (Datenstand: 08.10.2021).
- United Nations Environment Programme and Climate and Clean Air Coalition (2021), „Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions“, Nairobi.
- World Meteorological Organization (2021), „WMO Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin) - No. 17: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2020“, 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 Entwicklung der Bevölkerung in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1990 bis 2019**

Jahr	Hessen	Deutschland			Hessen im Vergleich zu	
		Alte <sup>1)</sup>	Neue <sup>2)</sup>	Insgesamt	den alten Bundesländern <sup>1)</sup>	Deutschland insgesamt
		Bundesländer				
	Bevölkerung in 1000 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
2011	5 982	64 369	15 906	80 275	9,3	7,5
2012	6 005	64 524	15 902	80 426	9,3	7,5
2013	6 031	64 733	15 912	80 646	9,3	7,5
2014	6 070	65 036	15 947	80 983	9,3	7,5
2015	6 135	65 640	16 046	81 687	9,3	7,5
2016	6 195	66 211	16 137	82 349	9,4	7,5
2017	6 228	66 487	16 170	82 657	9,4	7,5
2018	6 255	66 716	16 190	82 906	9,4	7,5
2019	6 277	66 895	16 198	83 093	9,4	7,6

1) Ohne Berlin. – 2) Einschl. Berlin.  
2019 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Statistisches Bundesamt, Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder;  
Berechnungsstand: August 2020.

Demnach lebten in Hessen im Jahr 2019 mit 6,3 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 2000 Personen.

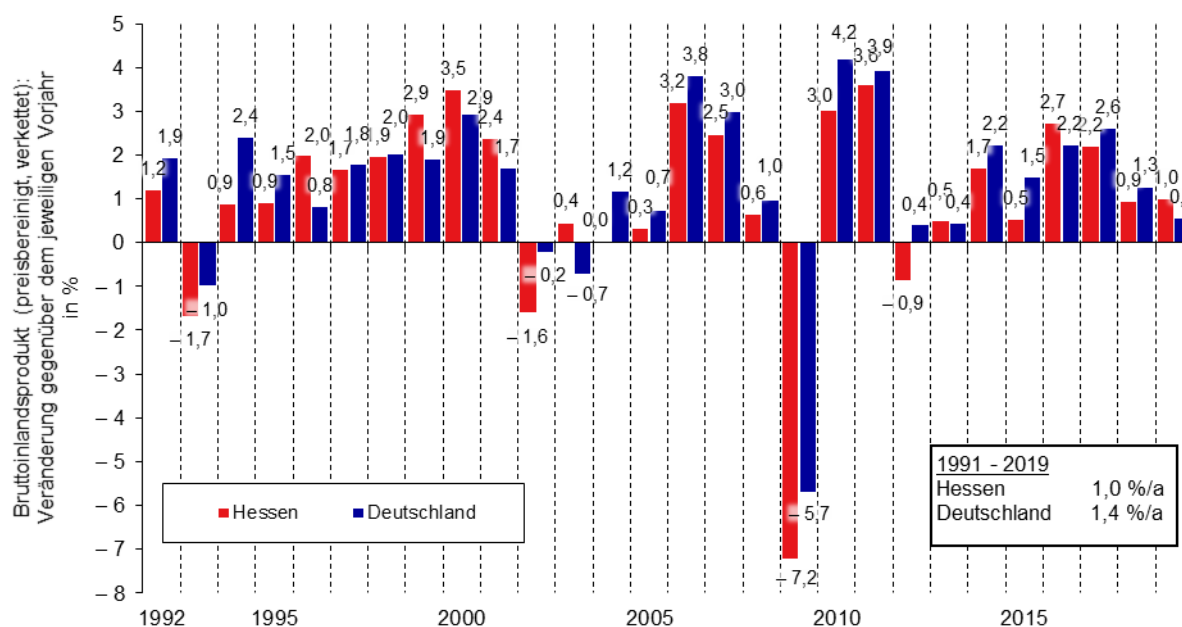
Bis 2010 ging die Bevölkerungszahl durchgehend um insgesamt knapp 60 000 Personen zurück. Von 2011 bis 2014 war wieder ein jährlicher Zuwachs von durchschnittlich 25 000 Personen zu verzeichnen. 2015 und 2016 wuchs die hessische Bevölkerung mit über 65 000 bzw. knapp 60 000 neuen Personen deutlich stärker als in den vorherigen Jahren. Diese Entwicklung schwächte sich ab 2017 wieder ab, seitdem wuchs die hessische Bevölkerung um durchschnittlich 27 000 Personen pro Jahr. Im Vergleich zu 1990 wuchs die Bevölkerung in Hessen bis zum Jahr 2019 um knapp 560 000 Personen bzw. 9,8 %.

In Deutschland lag der Bevölkerungszuwachs 2019 gegenüber dem Basisjahr 1990 bei 4,7 %, wobei die Bevölkerung zwischen 2003 und 2011 um insgesamt 1,3 Mill. Personen zurückging. Seitdem wuchs die Bevölkerung durchschnittlich um 352 000 Personen pro Jahr, 2015 und 2016 war das Bevölkerungswachstum mit 704 000 bzw. 662 000 Personen deutlich größer. Das prozentuale Bevölkerungswachstum Hessens im Vergleich zu 1990 lag 2019 über dem Durchschnitt der alten Bundesländer (9,5 %). Die Bevölkerung der neuen Bundesländer war 2019 um 11,3 % niedriger als 1990.

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. Veränderungsrate zur Verfügung. Für Strukturvergleiche, z. B. zwischen Hessen und Deutschland, werden jeweilige Preise (nominales Bruttoinlandsprodukt) verwendet.

**Abbildung 18 Veränderung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt, verkettet) in Hessen und in Deutschland von 1991 bis 2019**



Quellen: Statistisches Bundesamt, Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungsstand: August 2020; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; Fortschreibungsergebnisse für 2019.

Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen liegen ab dem Jahr 1991 vor. Im Rahmen der Revision 2014 stand die europaweite Einführung des neuen Europäischen Systems der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen 2010 im Vordergrund. Deutschlandweit wurde das Bruttoinlandsprodukt (BIP) in jeweiligen Preisen im Jahr 2010 durch die Revision um 3,3 % nach oben korrigiert. In Hessen lag die Niveaueinkorrekturen im Jahr 2010 bei 4,0 % (Arikan 2015). In dieser Treibhausgasbilanz wird der Datenstand nach der Generalrevision 2019 verwendet. Basis für die preisbereinigten und verketteten BIP-Werte ist seitdem das Jahr 2015.

Das Wirtschaftswachstum unterlag im Betrachtungszeitraum Schwankungen. 2012 war der Erholungsprozess beendet, der auf die Finanzkrise der Jahre 2008 und 2009 gefolgt war, das preisbereinigte BIP sank in Hessen um 0,9 % gegenüber dem Vorjahr. Danach lag die jährliche Wachstumsrate – mit Ausnahme von 2016 und 2017 – unter 2,0 %, 2019 wuchs das hessische BIP preisbereinigt um 1,0 % gegenüber dem Vorjahr.

Im Zeitraum von 1991 bis 2019 stieg es um durchschnittlich 1,0 % pro Jahr, dieser Durchschnitt wird durch den Tiefstwert im Jahr 2009 (– 7,2 %) nach unten gedrückt. In Deutschland stieg das preisbereinigte BIP 2019 gegenüber dem Vorjahr um 0,6 %. Die Wachstumsrate im gesamten Beobachtungszeitraum fiel auf Bundesebene mit durchschnittlich 1,4 % pro Jahr höher aus als in Hessen (Abbildung 18).

**Tabelle 14      Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2019**

Jahr	Hessen	Deutschland			Hessen im Vergleich zu	
		Alte <sup>1)</sup>	Neue <sup>2)</sup>	Insgesamt	den alten Bundesländern <sup>1)</sup>	Deutschland insgesamt
		Bundesländer				
	Mill. Euro in jeweiligen Preisen					%
1991	150 304	1 409 566	176 234	1 585 800	10,7	9,5
1995	170 247	1 601 102	293 508	1 894 610	10,6	9,0
2000	193 586	1 792 027	317 063	2 109 090	10,8	9,2
2005	211 230	1 949 409	338 901	2 288 310	10,8	9,2
2010	226 703	2 177 161	387 239	2 564 400	10,4	8,8
2011	236 927	2 289 810	403 750	2 693 560	10,3	8,8
2012	237 951	2 333 400	411 910	2 745 310	10,2	8,7
2013	243 459	2 387 716	423 634	2 811 350	10,2	8,7
2014	253 765	2 483 921	443 509	2 927 430	10,2	8,7
2015	260 263	2 567 388	458 792	3 026 180	10,1	8,6
2016	271 155	2 657 752	476 988	3 134 740	10,2	8,6
2017	279 472	2 761 351	498 509	3 259 860	10,1	8,6
2018	285 590	2 841 180	515 230	3 356 410	10,1	8,5
2019	294 000	2 914 402	534 648	3 449 050	10,1	8,5

1) Ohne Berlin. – 2) Einschließlich Berlin.  
2019 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Statistisches Bundesamt, Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungsstand: August 2020.

Das hessische BIP betrug im Jahr 2019 nominal 294,0 Milliarden Euro (Tabelle 14). Damit erreichte Hessen einen Anteil von 8,5 % am bundesdeutschen BIP (3449,0 Milliarden Euro) – im Vergleich zu einem Bevölkerungsanteil von 7,6 %.

Im Durchschnitt trug jede Hessin bzw. jeder Hesse im Jahr 2019 mit 46 800 Euro zum BIP bei, das sind 7,5 % mehr als der Durchschnittswert in den alten Bundesländern (Tabelle 15). Im Vergleich zu den neuen Bundesländern, in denen das BIP pro Kopf bei durchschnittlich 33 000 Euro lag, waren es 41,9 % mehr. Der Bundesdurchschnitt von 41 500 Euro pro Kopf wurde um 12,8 % übertroffen. In den hohen Werten des BIP je Einwohnerin bzw. Einwohner spiegelt sich die im bundesdeutschen Vergleich überdurchschnittliche Wirtschaftskraft Hessens wider.

**Tabelle 15      Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes je Einwohnerin bzw. Einwohner in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2019**

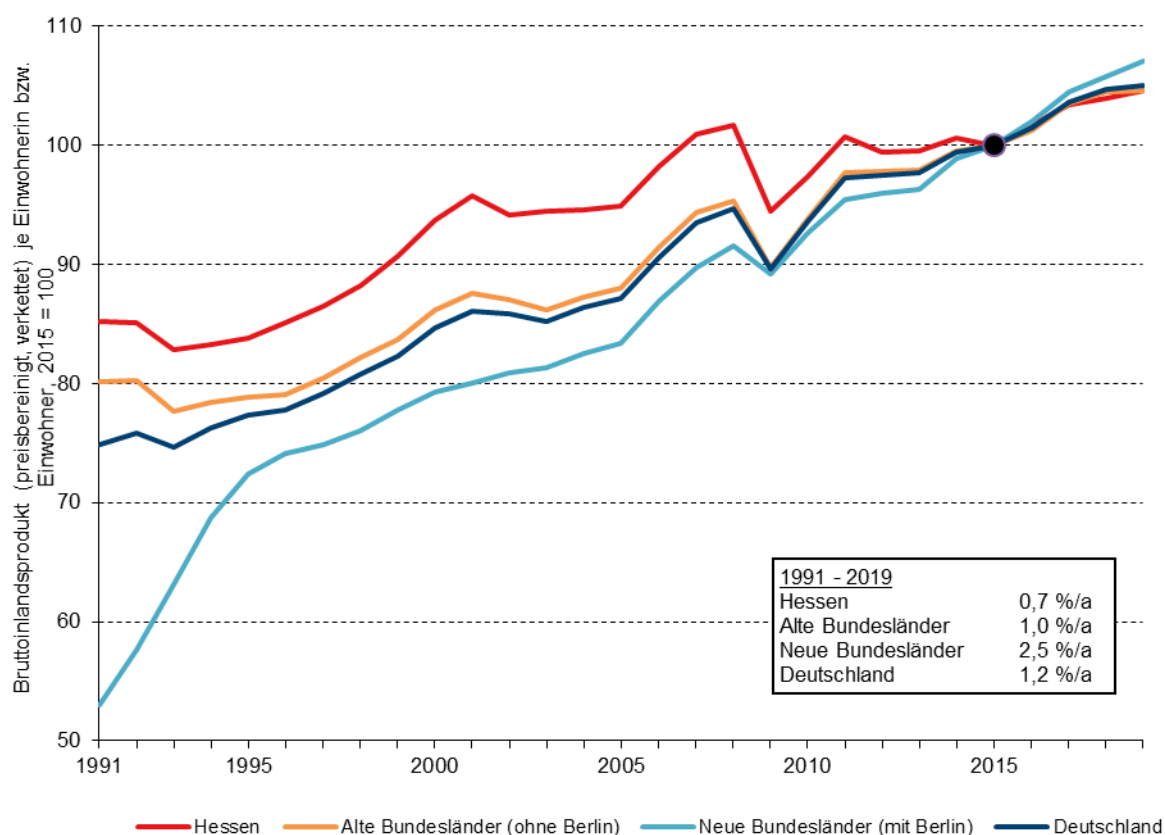
Jahr	Hessen	Deutschland			Hessen im Vergleich zu	
		Alte <sup>1)</sup>	Neue <sup>2)</sup>	Insgesamt	den alten Bundesländern <sup>1)</sup>	Deutschland insgesamt
	Euro in jeweiligen Preisen je Einwohner					%
1991	25 924	22 767	9 758	19 829	113,9	130,7
1995	28 509	25 126	16 690	23 302	113,5	122,3
2000	32 195	27 840	18 556	25 892	115,6	124,3
2005	35 068	30 057	20 565	28 134	116,7	124,6
2010	37 978	33 842	24 277	31 942	112,2	118,9
2011	39 609	35 573	25 384	33 554	111,3	118,0
2012	39 625	36 163	25 903	34 135	109,6	116,1
2013	40 368	36 885	26 623	34 861	109,4	115,8
2014	41 809	38 193	27 812	36 149	109,5	115,7
2015	42 422	39 113	28 592	37 046	108,5	114,5
2016	43 773	40 140	29 558	38 067	109,1	115,0
2017	44 872	41 532	30 829	39 438	108,0	113,8
2018	45 661	42 586	31 824	40 485	107,2	112,8
2019	46 838	43 567	33 008	41 508	107,5	112,8

1) Ohne Berlin. – 2) Einschließlich Berlin.  
2019 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Statistisches Bundesamt, Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder;  
Berechnungsstand: August 2020.

Das preisbereinigte BIP pro Kopf wuchs von 1991 bis 2019 in Hessen mit durchschnittlich 0,7 % pro Jahr langsamer als im Bund (1,2 %, Abbildung 19). Darin kommt neben dem auf Bundesebene zwischenzeitlich etwas stärkeren Bevölkerungsrückgang auch das stärkere Wirtschaftswachstum der neuen Länder 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 1,0 %; ohne Berlin) wuchs die wirtschaftliche Leistung in Hessen im Betrachtungszeitraum weniger stark.

**Abbildung 19 Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt, verkettet) pro Kopf in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2019**



Quellen: Statistisches Bundesamt, Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungsstand: August 2020; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; Fortschreibungsergebnisse für 2019.

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 2019 war der Wirtschaftsbereich „Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleister, Grundstücks- und Wohnungswesen“ mit 32,0 % an der Bruttowertschöpfung der hessischen Wirtschaftsbereiche beteiligt. In Deutschland besaß dieser Wirtschaftsbereich einen Anteil von 25,9 %.

Der Wirtschaftsbereich „Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation“ spielte in Hessen u. a. wegen des Frankfurter Flughafens als internationalem Luftverkehrsdrehkreuz mit einem Anteil von 24,2 % 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 19,7 % niedriger aus als in Deutschland (22,6 %). Das Produzierende Gewerbe hatte in Hessen mit 19,1 % ein deutlich geringeres gesamtwirtschaftliches Gewicht als auf Bundesebene (24,3 %). Das Baugewerbe trug zu 4,6 % und die Landwirtschaft zu 0,4 % zur hessischen Bruttowertschöpfung bei (5,4 % bzw. 0,8 % in Deutschland).



**Tabelle 16      Struktur der Bruttowertschöpfung in Hessen und in Deutschland von 1991 bis 2019 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	27,8	4,8	20,7	29,7	16,2
1995	100	0,6	23,7	4,8	20,7	32,5	17,7
2000	100	0,5	22,4	4,1	21,4	33,8	17,8
2005	100	0,4	21,2	3,0	22,3	35,3	17,7
2010	100	0,4	20,8	3,5	22,3	34,6	18,4
2011	100	0,5	20,8	3,4	22,4	34,5	18,3
2012	100	0,4	20,8	3,6	22,4	33,7	19,1
2013	100	0,5	20,3	3,6	22,4	34,0	19,3
2014	100	0,4	21,0	3,8	22,6	33,1	19,1
2015	100	0,4	20,6	3,8	23,3	32,8	19,1
2016	100	0,4	21,4	4,0	23,2	32,1	18,9
2017	100	0,4	21,1	4,0	23,3	32,2	19,0
2018	100	0,4	20,2	4,2	23,9	32,0	19,4
2019	100	0,4	19,1	4,6	24,2	32,0	19,7
Deutschland insgesamt							
1991	100	1,2	30,8	6,0	19,6	22,5	19,8
1995	100	1,1	26,0	6,9	19,6	25,1	21,3
2000	100	1,1	25,6	5,2	20,5	26,2	21,4
2005	100	0,8	25,2	3,9	21,0	27,4	21,7
2010	100	0,9	25,5	4,3	20,1	27,1	22,0
2011	100	1,0	25,8	4,4	20,2	26,9	21,7
2012	100	0,9	25,9	4,5	20,0	26,7	21,9
2013	100	1,0	25,3	4,4	20,1	27,0	22,1
2014	100	1,0	25,5	4,5	20,3	26,7	22,0
2015	100	0,8	25,6	4,6	20,4	26,7	22,0
2016	100	0,8	25,9	4,7	20,4	26,2	21,9
2017	100	0,9	25,8	4,7	20,5	26,1	21,9
2018	100	0,7	25,5	4,9	20,8	26,0	22,1
2019	100	0,8	24,3	5,4	21,1	25,9	22,6

2019 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Statistisches Bundesamt, Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder;  
Berechnungsstand: August 2020.

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 27,8 % bzw. 29,7 % fast gleich hoch. Im Jahr 2019 betrug der Unterschied zwischen diesen beiden Wirtschaftsbereichen 12,9 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 und des Baugewerbes an der Bruttowertschöpfung 2019 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.

**Tabelle 17      Zahl der Erwerbstätigen in Hessen und in Deutschland von 1991 bis 2019 nach Wirtschaftsbereichen**

Jahr	Erwerbstätige insgesamt	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
	in 1000	Sektorale Struktur der Erwerbstätigen in %					
		Hessen insgesamt					
1991	2 958	1,9	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	3 121	1,2	19,8	5,6	28,2	18,2	27,0
2005	3 073	1,1	17,9	4,9	28,2	19,6	28,3
2010	3 179	1,0	16,5	5,0	27,6	20,6	29,3
2011	3 220	0,9	16,7	5,1	27,6	20,6	29,1
2012	3 257	0,9	16,7	5,1	27,6	20,5	29,2
2013	3 271	0,9	16,6	5,2	27,4	20,4	29,4
2014	3 307	0,9	16,5	5,2	27,4	20,5	29,4
2015	3 341	0,9	16,2	5,2	27,3	20,6	29,7
2016	3 385	0,8	16,0	5,3	27,4	20,6	29,8
2017	3 446	0,8	15,9	5,4	27,4	20,8	29,8
2018	3 498	0,7	15,8	5,4	27,5	20,8	29,7
2019	3 529	0,8	15,5	5,4	27,7	20,7	30,0
		Deutschland insgesamt					
1991	38 871	3,0	28,2	7,4	25,3	9,7	26,3
1995	38 042	2,3	23,1	8,7	25,7	11,3	28,8
2000	39 971	1,9	21,2	7,2	26,2	14,0	29,5
2005	39 311	1,7	19,9	5,8	26,3	15,4	30,9
2010	41 048	1,6	18,8	5,7	25,9	16,8	31,3
2011	41 544	1,6	18,9	5,7	25,9	17,0	30,9
2012	42 019	1,5	19,0	5,7	25,9	17,1	30,8
2013	42 350	1,5	18,9	5,7	25,9	17,1	30,9
2014	42 721	1,5	18,9	5,7	25,8	17,2	31,0
2015	43 122	1,5	18,7	5,6	25,7	17,3	31,2
2016	43 661	1,4	18,6	5,6	25,6	17,4	31,4
2017	44 262	1,4	18,5	5,6	25,6	17,5	31,5
2018	44 868	1,4	18,5	5,6	25,6	17,4	31,5
2019	45 269	1,3	18,5	5,6	25,7	17,2	31,7

Quellen: Statistisches Bundesamt, Arbeitskreis Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder; Berechnungsstand: Mai 2021.

Die auf den tertiären Sektor ausgerichtete Wirtschaftsstruktur Hessens spiegelt sich auch in der Struktur der Erwerbstätigkeit wider (Tabelle 17). Aus der Umsetzung der Revision 2014 in der Erwerbstätigenrechnung resultiert eine Niveauanhebung im Durchschnitt aller Länder im Jahr 2010 von 433 000 Personen bzw. 1,1 %. In Hessen gab es im Durchschnitt der revidierten Jahre einen Anstieg von rund 32 000 Erwerbstätigen oder 1,0 % (Emmel 2015). Für die Erwerbstätigenrechnung der Länder wurden bereits in der vorletzten Treibhausgasbilanz Ergebnisse der Generalrevision 2019 berücksichtigt. Durch die Revisionen kann es zu geringfügigen Veränderungen bei der Gesamtzahl und der sektoralen Struktur der Erwerbstätigen kommen.

2019 waren in Hessen in den Bereichen „Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation“ sowie bei „Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleistungen und im Grundstücks- sowie Wohnungswesen“ zusammen 48,4 % der insgesamt 3,5 Millionen Erwerbstätigen beschäftigt. Für Deutschland kamen diese beiden Wirtschaftsbereiche auf einen Anteil von 42,9 %.

Im Jahr 2019 waren 30,0 % der hessischen Erwerbstätigen im Bereich „Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung, Gesundheit“ beschäftigt, auf Bundesebene waren es 31,7 %. Das Produzierende Gewerbe machte in Hessen 15,5 % der Erwerbstätigen aus, im Bundesgebiet lag der Anteil 3,0 Prozentpunkte höher. Die Beschäftigtenanzahl in Landwirtschaft und Baugewerbe war in Hessen und auf Bundesebene vergleichsweise von geringerer Bedeutung.

## **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 (Deutsche und Ausländer), 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 Umwelt, Klimaschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz**

Mainzer Straße 80  
65189 Wiesbaden