

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

HESSEN



Treibhausgasbilanz für das Land Hessen

Bilanzjahr 2022



erstellt durch das Hessische Statistische Landesamt

Dezember 2024

Copyright

© Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat, Wiesbaden, 2024

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

Autorinnen und Autoren

Jacek Walsdorfer, Hessisches Statistisches Landesamt

Janine Dubois, Hessisches Statistisches Landesamt

Zeichenerklärungen

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

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

Inhalt

Zusammenfassung	7
Auftrag und methodische Hinweise	9
Vorbemerkungen	11
1 Energiebedingte CO ₂ -Emissionen	13
1.1 Methode der Bilanzierung energiebedingter CO ₂ -Emissionen.....	13
1.2 Energiebedingte CO ₂ -Emissionen (Quellenbilanz) im Überblick	15
1.3 Sektoraler Vergleich der energiebedingten CO ₂ -Emissionen (Quellenbilanz) zwischen Hessen und Deutschland.....	21
1.4 Indikatoren zu den energiebedingten CO ₂ -Emissionen (Quellenbilanz)	23
1.5 Verursacherbezogene CO ₂ -Emissionen	28
2 CO ₂ -Emissionen aus Industrieprozessen	33
2.1 Ermittlung prozessbedingter CO ₂ -Emissionen.....	33
2.2 Prozessbedingte CO ₂ -Emissionen bei der Herstellung von Zementklinker	35
2.3 Prozessbedingte CO ₂ -Emissionen bei der Herstellung von Kalk.....	36
2.4 Prozessbedingte CO ₂ -Emissionen bei der Herstellung von Glas	36
2.5 Prozessbedingte CO ₂ -Emissionen bei der Herstellung von Ammoniak	37
2.6 Prozessbedingte CO ₂ -Emissionen bei der Herstellung von Mauer- und Dachziegeln	38
3 Methanemissionen	39
3.1 Methode zur Ermittlung der Methanemissionen und Berechnungsstand.....	39
3.2 Die Methanemissionen im Einzelnen.....	40
4 Lachgasemissionen.....	45
4.1 Methode zur Ermittlung der Lachgasemissionen und Berechnungsstand.....	45
4.2 Die Lachgasemissionen im Einzelnen	45
5 F-Gas-Emissionen.....	49
6 Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF).....	51
7 Fazit.....	53
Verwendete Abkürzungen	55
Quellenverweise	56
Anhang	58
Anhang 1: Demographische und gesamtwirtschaftliche Entwicklung	59
Anhang 2: Glossar	67

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2022 nach Sektoren.....	17
Tabelle 2	Struktur der energiebedingten CO ₂ -Emissionen der Industrie in Hessen im Jahr 2022	20
Tabelle 3	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2022.....	22
Tabelle 4	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen bezogen auf Bevölkerung, Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch in Hessen und Deutschland von 1990 bzw. 1991 bis 2022.....	24
Tabelle 5	CO ₂ -Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen in den Jahren 2021 und 2022	29
Tabelle 6	Prozessbedingte CO ₂ -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2022.....	34
Tabelle 7	Methanemissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2022.....	41
Tabelle 8	Methanemissionen in Hessen von 1990 bis 2022 nach Sektoren.....	42
Tabelle 9	Lachgasemissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2022.....	46
Tabelle 10	Lachgasemissionen in Hessen von 1990 bis 2022 nach Sektoren.....	47
Tabelle 11	F-Gas-Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2022.....	50
Tabelle 12	Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft in Hessen von 1990 bis 2022.....	52
Tabelle 13	Bevölkerung in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1990 bis 2022	59
Tabelle 14	Bruttoinlandsprodukt in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1991 bis 2022	61
Tabelle 15	Bruttoinlandsprodukt je Einwohnerin bzw. Einwohner in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1991 bis 2022	62
Tabelle 16	Struktur der Bruttowertschöpfung in Hessen und Deutschland von 1991 bis 2022 nach Wirtschaftsbereichen.....	64
Tabelle 17	Zahl der Erwerbstätigen in Hessen und Deutschland von 1991 bis 2022 nach Wirtschaftsbereichen	65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2022.....	16
Abbildung 2	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2022 nach Sektoren.....	18
Abbildung 3	Sektorale Struktur der energiebedingten CO ₂ -Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2022.....	21
Abbildung 4	Abweichung der hessischen CO ₂ -Intensität (bezogen auf Bevölkerung, Bruttoinlandsprodukt, Primärenergieverbrauch) zur deutschen CO ₂ -Intensität von 1990/1991 bis 2022.....	27
Abbildung 5	Anteile der Emissionssektoren an den quellen- und verursacherbezogenen CO ₂ -Emissionen in Hessen im Jahr 2022.....	28
Abbildung 6	CO ₂ -Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen von 1990 bis 2022.....	30
Abbildung 7	Verursacherbezogene CO ₂ -Emissionen in Hessen im Jahr 2022 (Sankey Diagramm).....	31
Abbildung 8	Prozessbedingte CO ₂ -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2022.....	35
Abbildung 9	Schematische Darstellung der CO ₂ -Freisetzung bei der Zementklinkerherstellung.....	35
Abbildung 10	Schematische Darstellung der CO ₂ -Freisetzung bei der Kalkherstellung.....	36
Abbildung 11	Schematische Darstellung der CO ₂ -Freisetzung bei der Glasherstellung.....	37
Abbildung 12	Schematische Darstellung der CO ₂ -Freisetzung bei der Ammoniakherstellung.....	37
Abbildung 13	Schematische Darstellung der CO ₂ -Freisetzung bei der Ziegelherstellung.....	38
Abbildung 14	Struktur der Methanemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2022.....	43
Abbildung 15	Struktur der Lachgasemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2022.....	48
Abbildung 16	Struktur der Gesamtemissionen in Hessen in CO ₂ -Äquivalenten in den Jahren 1990 und 2022.....	53
Abbildung 17	Veränderung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt, verkettet) in Hessen und Deutschland von 1991 bis 2022.....	60
Abbildung 18	Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt, verkettet) pro Kopf in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1991 bis 2022.....	63

Zusammenfassung

Die hessische Treibhausgasbilanz für das Bilanzjahr 2022 gibt einen Überblick über die Emissionen der mengenmäßig bedeutendsten Klimagase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (Distickstoffoxid, N₂O) und F-Gase (HFKW, FKW, SF₆ und NF₃) 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 CO₂-Äquivalenten dargestellt, indem die Methan-, Lachgas- und F-Gasmengen mit dem „Global Warming Potential“ (GWP) entsprechend der Höhe ihres klimawirksamen Potentials gewichtet werden. Da die Gruppe der F-Gase viele verschiedene Substanzen umfasst, wird kein Standard-GWP-Wert ausgewiesen. Mit dem 5. Sachstandsbericht hat das Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC) die Klimawirksamkeit einzelner Stoffe neu bewertet, sodass es zu Änderungen des GWP von Methan, Lachgas und F-Gasen kam (IPCC 2015). Die nachstehende Tabelle zeigt die Emissionsmengen für Hessen im Zeitraum 1990 bis 2022.

Treibhausgasemissionen in Hessen in CO₂-Äquivalenten von 1990 bis 2022

Treibhausgas	Chemische Formel	GWP	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022 ¹⁾	1990/2022
			Menge in 1000 t CO ₂ -Äquivalenten								
Kohlendioxid ²⁾	CO ₂	1	43 494	45 444	42 944	39 051	36 118	32 231	32 991	33 182	- 23,7
Energiebedingt ^{3) 4)}	CO ₂	1	42 465	44 479	42 256	38 562	35 703	31 702	32 430	32 643	- 23,1
Prozessbedingt	CO ₂	1	1 029	965	688	488	416	529	561	539	- 47,6
Methan ^{2) 4)}	CH ₄	28	6 141	4 088	2 987	2 419	2 126	1 690	1 639	1 581	- 74,3
Lachgas ^{2) 4)}	N ₂ O	265	1 108	1 037	933	909	953	877	838	841	- 24,1
F-Gase			888	940	1 006	1 018	1 093	874	824	753	- 15,2
Insgesamt			51 631	51 509	47 870	43 397	40 290	35 672	36 292	36 357	- 29,6

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

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

Die wichtigsten Ergebnisse (jeweils bezogen auf das Jahr 2022) sind:

- In Hessen wurden insgesamt 36,4 Millionen Tonnen (Mill. t) CO₂-Äquivalente emittiert.
- Hierbei machte Kohlendioxid 91,3 % des erfassten Emissionsgeschehens aus, auf Methan entfielen 4,3 %, auf Lachgas 2,3 % und auf F-Gase 2,1 % der CO₂-Äquivalente insgesamt.
- Die Treibhausgasemissionen gingen insgesamt im Vergleich zu 1990 um 29,6 % zurück. Der Rückgang betrug bei Kohlendioxid 23,7 %, bei Methan 74,3 %, bei Lachgas 24,1 % und bei den F-Gasen 15,2 %.

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

- Die Quellgruppe Energie machte im Jahr 2022 mit 33,1 Mill. t CO₂-Äquivalenten bzw. 93,1 % den mit Abstand größten Anteil aus. Auf die drei größten Untergruppen der Quellgruppe Energie entfielen: Verkehrssektor 37,6 %, gefolgt von den Sektoren „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ mit 30,8 % sowie „Energieumwandlung und -erzeugung“ mit 22,7 %.
- Die Landwirtschaft, als Hauptverursacher der CH₄- und N₂O-Emissionen, trug 2022 mit 1,6 Mill. t CO₂-Äquivalenten bzw. 4,4 % den zweitgrößten Anteil bei.
- Die Emissionen aus Prozessen und Produktanwendungen sowie der Abfall- und Abwasserwirtschaft steuerten mit 1,6 % bzw. 0,9 % einen vergleichsweise geringen Anteil bei. Im Vergleich zum Jahr 1990 reduzierten sich die Emissionen dieser Sektoren prozentual am stärksten.

Treibhausgasmissionen (ohne F-Gase) in Hessen in CO₂-Äquivalenten von 1990 bis 2022 nach Sektoren

Quellgruppe	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022 ¹⁾	1990/2022
	Emissionen ²⁾ in 1000 t CO ₂ -Äquivalenten								Veränderung in %
Energie	43 348	45 277	42 925	39 220	36 290	32 211	32 952	33 146	– 23,5
Prozesse und Produktanwendungen	1 163	1 049	722	515	436	548	580	563	– 51,6
Landwirtschaft	2 444	2 035	1 897	1 842	1 852	1 686	1 617	1 584	– 35,2
Abfall- und Abwasserwirtschaft	3 788	2 208	1 321	802	619	353	318	312	– 91,8
Insgesamt	50 743	50 569	46 865	42 379	39 197	34 798	35 467	35 604	– 29,8

1) Vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr; ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft; ohne nichtenergetischen Verbrauch.

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

Bezieht man die energiebedingten CO₂-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 2022 waren die hessischen Pro-Kopf-Emissionen 30,7 % niedriger als 1990, die BIP-spezifischen Emissionen waren 47,1 % niedriger als 1991.
- Die hessischen Pro-Kopf-Emissionen waren im Jahr 2022 um 31,3 % niedriger als auf Bundesebene.
- Das Bruttoinlandsprodukt wurde 2022 in Hessen im Vergleich zu Deutschland mit einem um 38,2 % niedrigeren CO₂-Ausstoß erwirtschaftet.

Auftrag und methodische Hinweise

Die Treibhausgasbilanz für das Land Hessen (Bilanzjahr 2022) wurde im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat erstellt. Seit 2007 legt das Hessische Statistische Landesamt jährlich eine Treibhausgasbilanz vor, die die Emissionen von Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (Distickstoffoxid, N₂O) in Hessen abbildet. Seit 2021 sind Emissionen von F-Gasen – teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW), vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), Schwefelhexafluorid (SF₆) sowie Stickstofftrifluorid (NF₃) – ebenfalls in der Treibhausgasbilanz enthalten.

Die Treibhausgasbilanz für das Land Hessen basiert ausschließlich auf modellhaften Berechnungen. Es werden keine Messwerte von Emittenten, wie Kraftwerken, Anlagen oder Fahrzeugen, herangezogen. Die Ermittlung der emittierten Schadstoffmengen erfolgt auf der Grundlage eines Berechnungsmodells, welches sich auf die durch menschliches Handeln (Wirtschaft, Konsum) verursachten Schadstoffeinträge konzentriert. In den Tabellen und Grafiken werden gerundete Werte dargestellt. Anteile bzw. Veränderungsraten wurden mit den intern zur Verfügung stehenden exakten Werten ermittelt. Diese können mehr Nachkommastellen enthalten, sodass sich Differenzen zu einer Berechnung mit den in den Tabellen nachgewiesenen, gerundeten Werten ergeben können.

Die CO₂-Bilanzierung erfolgt für Emissionen, die bei der Erzeugung von Energie entstehen (energiebedingte Emissionen) und für Emissionen, die in Produktionsprozessen freigesetzt werden (prozessbedingte Emissionen). Grundlage für die energiebedingten CO₂-Emissionen ist die Energiebilanz des Landes, die vom Hessischen Statistischen Landesamt im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum jährlich erstellt wird. Um prozessbedingte Emissionen abbilden zu können, werden zusätzlich die Emissionsmengen aus ausgewählten Produktionsprozessen berechnet. Für beide Berechnungsfelder werden die durch den Länderarbeitskreis Energiebilanzen (LAK) vorgegebenen Methoden angewandt.

Die Berechnung der CH₄- und N₂O-Emissionen erfolgt im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL) nach der dort festgelegten, für alle Bundesländer einheitlichen, Methode. Bei allen Berechnungsfeldern wird soweit möglich analog zu der Methode vorgegangen, die das Umweltbundesamt bei der Erstellung des NID (bis 2023: NIR) im Rahmen der Berichterstattung unter der UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC) anwendet. Die methodischen Grundlagen und Berechnungen werden den Mitgliedern des Länderarbeitskreises Energiebilanzen und des Arbeitskreises Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (AK UGRdL) jeweils zur Verfügung gestellt.

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

einer Vergleichbarkeit mit dem (inter-)nationalen Bilanzierungsvorgehen nachrichtlich ausgewiesen.

Als Basisjahr für die Treibhausgasemissionen wurde entsprechend der internationalen Berichterstattung einheitlich 1990 gewählt. Dazu war es erforderlich, die für die Jahre 1990 bis 1994 nicht verfügbaren prozessbedingten CO₂-Emissionen anhand der Zeitreihe zu extrapolieren.

Um eine möglichst aktuelle Berichterstattung zu erreichen, wurden für das Bilanzjahr 2022 teilweise Schätzungen für CO₂, CH₄ und N₂O durchgeführt. Grundlage hierfür bilden Daten der amtlichen Statistik sowie eine Reihe externer Quellen. Die verwendete Methodik orientiert sich an der auf Bundesebene im NID beschriebenen Vorgehensweise. Auch wenn die Daten bis einschließlich 2021 als endgültig bewertet werden, kann es durch die Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse (etwa in Bezug auf einzelne Emissionsfaktoren oder -sektoren) zu rückwirkenden Neuberechnungen kommen, die die gesamte Zeitreihe beeinflussen können.

Der Bericht zur Treibhausgasbilanz gliedert sich in sieben Kapitel. Das erste Kapitel gibt neben methodischen Erläuterungen einen Überblick über die Entwicklung und die Struktur der energiebedingten CO₂-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 CO₂-Emissionen. Hierbei wird auf die einzelnen für das Emissionsgeschehen in Hessen relevanten Industrieprozesse eingegangen. Die Kapitel drei bis fünf befassen sich mit CH₄-, N₂O-, 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: Im Jahr 2022 ist die CO₂-Konzentration um 50 % gegenüber dem vorindustriellen Niveau (vor 1750) gestiegen. Die CH₄-Konzentration hat sich um 164 % erhöht und die Konzentration von N₂O hat um 24 % zugenommen (WMO 2023). 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 2024b).

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

Internationale und nationale Bemühungen

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

Bemühungen des Landes Hessen

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, sollten sowohl die hessischen Klimaschutzziele erreicht werden als auch Anpassungen an die Folgen des Klimawandels erfolgen (HMUKLV 2017). Bis zum Jahr 2020 sollte in Hessen eine Treibhausgasminderung um 30 % im Vergleich zu 1990 erreicht werden,

bis 2025 soll die Reduktion 40 % betragen. Bis zum Jahr 2045 sollen die hessischen Treibhausgasemissionen so weit gemindert werden, dass für Hessen Netto-Treibhausgasneutralität erreicht wird (HMUKLV 2023). Als Nachfolge zum Integrierten Klimaschutzplan Hessen verbindet der Klimaplan Hessen mit Laufzeit bis 2030 57 neue mit den noch laufenden 33 Maßnahmen zu einem Maßnahmenkatalog. Zudem wurde im Februar 2023 das Hessische Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (Hessisches Klimagesetz, HKlimaG) verabschiedet, das die Netto-Treibhausgasneutralität bis 2045 festschreibt und ab 2050 negative Treibhausgasemissionen vorsieht.

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

1 Energiebedingte CO₂-Emissionen

1.1 Methode der Bilanzierung energiebedingter CO₂-Emissionen

Das farb- und geruchlose Gas Kohlendioxid (CO₂) 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 CO₂-Konzentration durch die vom Menschen verursachten (anthropogenen) CO₂-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 2022 die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger 83,5 % der klimawirksamen Emissionen in Deutschland aus (bezogen auf die Gesamtemissionen in CO₂-Äquivalenten und ohne Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) (UBA 2024a).

Grundlage für die Berechnungen der energiebedingten CO₂-Emissionen bildet die Energiebilanz des Landes, die das Hessische Statistische Landesamt im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum jährlich erstellt. Die Bilanzierung der energiebedingten CO₂-Emissionen der Länder erfolgt nach einer im Länderarbeitskreis Energiebilanzen zwischen den beteiligten Ländern abgestimmten Methodik.

Genutzt werden spezifische, auf den Heizwert eines Energieträgers bezogene CO₂-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 CO₂-Emissionen im Rahmen der nationalen Emissionsberichterstattung dienen. Zur Berechnung herangezogen werden die in den Energiebilanzen ausgewiesenen Verbrauchsmengen, die mit den energieträgerbezogenen, spezifischen CO₂-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 CO₂-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 CO₂-Ausstoß bei. Diese „Rohstoffmengen“ werden deshalb nicht mit Emissionsfaktoren bewertet. Gleichwohl sind sie für die Energiebilanz als Verbrauch an Brennstoffen von Interesse. Biogene Energieträger, die in der Energiebilanz erfasst werden – wie Brennholz, Klärgas oder Biotreibstoffe – gelten als CO₂-neutral, da man davon ausgeht, dass biologisch bereits

gebundenes CO₂ lediglich in den Naturkreislauf zurückgegeben wird. Dementsprechend gehen sie nicht emissionswirksam in die CO₂-Bilanzierung ein.

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

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

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

Die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors werden nach der allgemeinen Methode der Energie- und CO₂-Bilanzierung des Länderarbeitskreises Energiebilanzen anhand der in den jeweiligen Regionen vertankten Kraftstoffmengen ermittelt. Um der exponierten Stellung des Frankfurter Flughafens gerecht zu werden, wird der internationale Luftverkehr bei der Untersuchung des hessischen Verkehrssektors nicht einbezogen. Nur auf diese Weise sind Vergleiche mit Deutschland möglich, da die aus der nationalen Inventarberichterstattung übernommenen Werte den internationalen Teil des Luftverkehrs ebenfalls nicht berücksichtigen. Die Emissionen des gesamten dem Land Hessen zugerechneten Luftverkehrs werden analog zu den vom UBA verwendeten Prozentanteilen in einen „nationalen“ und einen „internationalen“ Anteil aufgeteilt.

Diese Aufteilung erfolgte für Deutschland bis einschließlich NIR 2008 mit einem konstanten Wert für den nationalen Anteil von 20 %. Für Hessen wurde dieser Wert bis einschließlich der Treibhausgasbilanz 2005 ebenfalls verwendet. Seitdem werden die nationalen Anteilswerte auf der Basis von Flugbewegungen ermittelt. Die so für Deutschland ermittelten Anteile lagen bei Kerosin durchweg unter 20 %. Sie sanken von 15,3 % im Jahr 1990 auf 3,6 % im Jahr 2022 (UBA 2024b).

Im vorliegenden Bericht wurden landesspezifische Anteilswerte aus Berechnungen des Arbeitskreises Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (AK UGRdL) verwendet, die die durch das UBA vorgenommene Neubewertung der Aufteilung des Luftverkehrs am aktuellen Rand berücksichtigen. Für 2022 wird für den Luftverkehr in Hessen ein nationaler Anteilswert von 2,3 % 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 können also in der Quellenbilanz nicht dargestellt werden: Die durch hessische Stromverbraucher verursachten CO₂-Emissionen werden tendenziell unterschätzt, da der Strombedarf in Hessen die Erzeugung auf dem Landesgebiet übertrifft.

Während die Quellenbilanz also Aussagen über die Gesamtmenge des im Land emittierten CO₂ ermöglicht, sind wegen des Stromaustauschs keine direkten Rückschlüsse auf das Verbrauchsverhalten der Endenergieverbraucher und den dadurch verursachten Beitrag zu den CO₂-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.

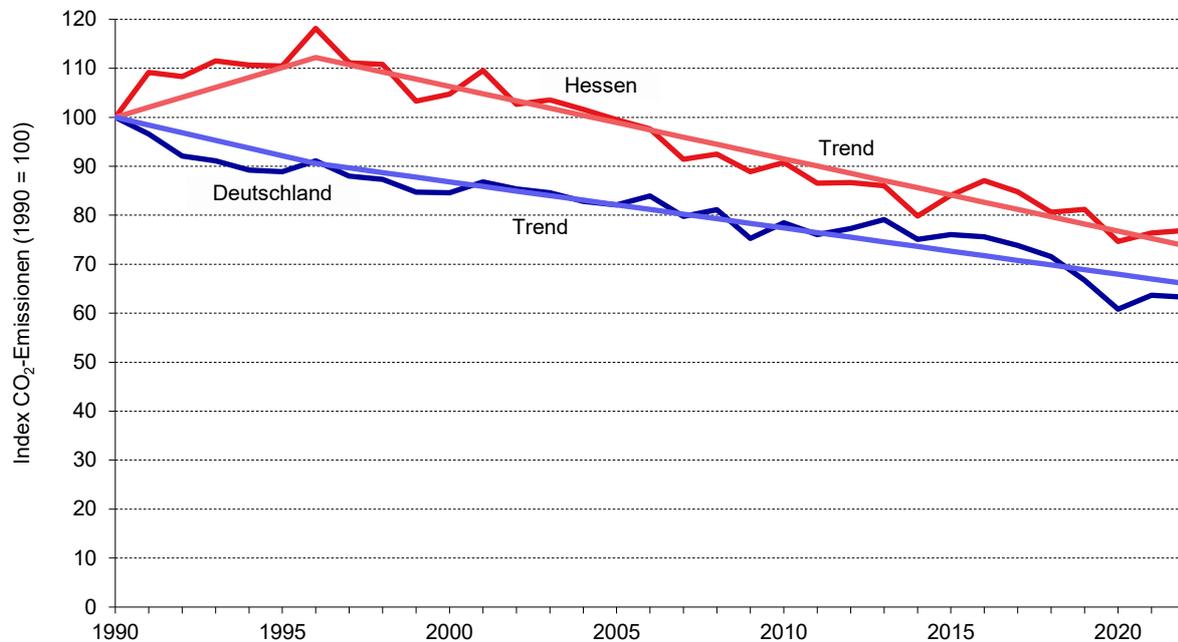
1.2 Energiebedingte CO₂-Emissionen (Quellenbilanz) im Überblick

Im Jahr 2022 wurden in Hessen energiebedingt – ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs – insgesamt 32,6 Mill. t CO₂ emittiert. Dies entspricht einem Anstieg von 210 000 t CO₂ bzw. 0,7 % gegenüber dem Vorjahr. Im Vergleich zu 2019, dem Jahr vor der Corona-Pandemie, ergibt sich ein Rückgang um 1,8 Mill. t CO₂ bzw. 5,3 %. Damit lagen die energiebedingten CO₂-Emissionen in Hessen 940 000 t bzw. 3,0 % über dem bislang niedrigsten Stand im Jahr 2020 (31,7 Mill. t CO₂). Der CO₂-Ausstoß war 2022 um 9,8 Mill. t CO₂ bzw. 23,1 % niedriger als das Niveau des Basisjahres 1990.

Die Entwicklung der energiebedingten hessischen CO₂-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 CO₂ ihren absoluten Höchstwert. Sie lagen damit um 18,2 % über den Emissionen des

Basisjahres. Seitdem kam es, mit einigen Schwankungen, zu einer erkennbaren Reduktion des CO₂-Ausstoßes. Im Vergleich zum Jahr 1996 gingen die CO₂-Emissionen in Hessen 2022 um 17,5 Mill. t bzw. 34,9 % zurück.

Abbildung 1 Energiebedingte CO₂-Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2022



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Umweltbundesamt, NID 2024; Berechnungen des Hessischen Statistisches Landesamts; hessischer Wert für 2022 vorläufig; jeweils linearer Trend vor bzw. nach 1996 abgebildet.

In Deutschland wurden im Jahr 2022 energiebedingt insgesamt 628,0 Mill. t CO₂ emittiert. Das waren 0,5 % weniger als im Vorjahr und 36,7 % 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 CO₂-Emissionen waren 1995 um 11,1 % niedriger als 1990. Zurückzuführen ist dies zu großen Teilen auf die überdurchschnittliche Verminderung der Emissionen in Ostdeutschland, hervorgerufen durch den wirtschaftlichen Strukturwandel nach der Wiedervereinigung.

Die gesamten hessischen Emissionen stiegen 2022 im Vergleich zum Vorjahr leicht an. Den Ausschlag dafür gab ein stärkerer Einsatz von Kohle zur Stromerzeugung vor dem Hintergrund des Kriegs in der Ukraine. Dies ersetzte einen Teil der Strommenge, die aus den benachbarten Bundesländern bezogen wurde. Rückgänge in anderen Emissionssektoren reichten nicht aus, um die Steigerung bei der Energieumwandlung auszugleichen. Tabelle 1 und Abbildung 2 zeigen die absolute Höhe und die Entwicklung des energiebedingten CO₂-Ausstoßes in den Emissionssektoren.

Der CO₂-Ausstoß des hessischen Energiesektors (Energieerzeugung/-umwandlung) lag 2022 bei 7,2 Mill. t und damit über dem Vorkrisenniveau von 2019. Im Vergleich zum Vorjahr 2021 stiegen die Emissionen an: sie nahmen um 1,1 Mill. t bzw. 17,8 % zu. Die Emissionen des Sektors lagen sogar über dem Emissionsniveau von 1990: Im Jahr 2022 war sein CO₂-Ausstoß 0,4 Mill. t bzw. 5,6 % höher als im Basisjahr.

Tabelle 1 Energiebedingte CO₂-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2022 nach Sektoren

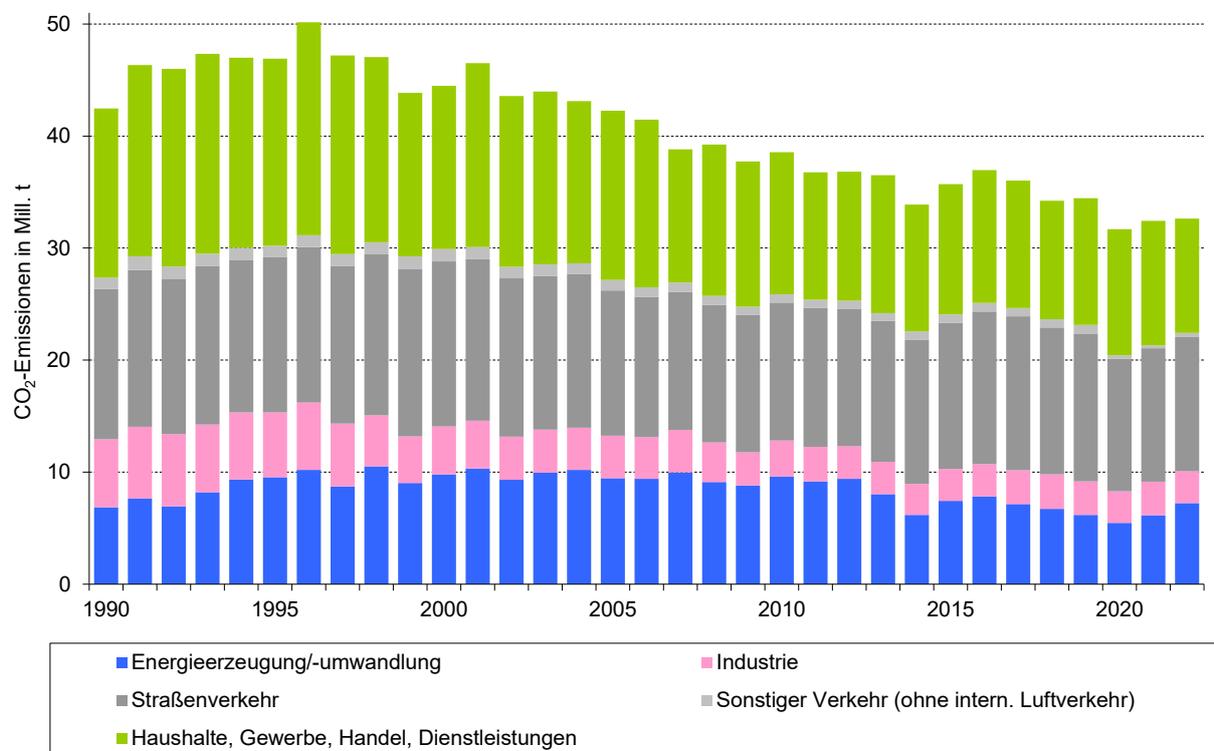
Emissionssektor	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022 ¹⁾
	CO ₂ -Emissionen in Mill. t							
Energieerzeugung/-umwandlung	6,9	9,8	9,5	9,6	7,4	5,5	6,2	7,2
Industrie	6,1	4,3	3,8	3,2	2,8	2,8	3,0	2,9
Verkehr	14,4	15,8	13,9	13,1	13,8	12,1	12,2	12,3
Schienenverkehr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Straßenverkehr	13,4	14,7	13,0	12,3	13,0	11,8	11,9	12,0
Luftverkehr (national) ²⁾	0,7	0,9	0,8	0,6	0,7	0,2	0,1	0,3
Binnenschifffahrt	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ³⁾	15,1	14,6	15,1	12,7	11,6	11,3	11,1	10,2
Energiebedingte Emissionen im Inland⁴⁾	42,5	44,5	42,3	38,6	35,7	31,7	32,4	32,6
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr⁵⁾</i>	7,9	11,7	12,3	11,9	13,4	6,7	8,0	11,0
	Struktur der CO ₂ -Emissionen in %							
Energieerzeugung/-umwandlung	16,2	22,0	22,4	24,9	20,8	17,3	19,0	22,2
Industrie	14,3	9,6	9,0	8,4	8,0	9,0	9,2	8,8
Verkehr	34,0	35,6	32,9	33,9	38,6	38,2	37,5	37,7
Schienenverkehr	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Straßenverkehr	31,6	33,1	30,7	32,0	36,5	37,2	36,8	36,6
Luftverkehr (national) ²⁾	1,7	2,1	1,9	1,6	1,8	0,7	0,4	0,8
Binnenschifffahrt	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ³⁾	35,5	32,7	35,7	32,9	32,6	35,5	34,3	31,3
Energiebedingte Emissionen im Inland⁴⁾	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr⁵⁾</i>	x	x	x	x	x	x	x	x
	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen (1990 = 100)							
Energieerzeugung/-umwandlung	100	143	138	140	108	80	90	106
Industrie	100	71	63	53	47	47	49	47
Verkehr	100	110	96	91	96	84	84	85
Schienenverkehr	100	73	53	45	47	43	44	43
Straßenverkehr	100	110	96	92	97	88	89	89
Luftverkehr (national) ²⁾	100	131	112	87	93	31	20	37
Binnenschifffahrt	100	44	49	37	28	26	26	26
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ³⁾	100	96	100	84	77	75	74	68
Energiebedingte Emissionen im Inland⁴⁾	100	105	100	91	84	75	76	77
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr⁵⁾</i>	100	149	156	151	170	85	102	141
1) Vorläufige Werte. – 2) Nur inländischer Luftverkehr. – 3) Einschließlich militärischer Dienststellen. – 4) Ohne nichtenergetischen Verbrauch und ohne internationalen Luftverkehr. – 5) Internationaler Anteil am gesamten zivilen Luftverkehr.								

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

Der Emissionsrückgang im Energiesektor in den Jahren bis 2021 ist einerseits auf eine Verschiebung des Umwandlungseinsatzes zu weniger emissionsintensiven bzw. emissionsneutralen Energieträgern zurückzuführen. Aufgrund der Kombination von niedrigen Gaspreisen und gestiegenen CO₂-Preisen wurde Gas im Vergleich zu Kohle attraktiver, bis 2022 die Verfügbarkeit von Erdgas vorübergehend stark eingeschränkt wurde (UBA 2024b). Insbesondere der Einsatz von Stein- und Braunkohle in den hessischen Kraftwerken ist für diese Entwicklung bedeutsam. So folgten zwei

außergewöhnliche Jahre kurz nacheinander: 2020 wurden aufgrund der globalen Corona-Pandemie, den Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie und der daraus folgenden gesellschaftlichen Einschränkungen insgesamt weniger Emissionen ausgestoßen. 2022 wurden im Bundesgebiet einerseits die nuklearen Stromerzeugungskapazitäten halbiert, während andererseits weniger Erdgas zur Verfügung stand und die Nutzung erneuerbarer Energieträger die Differenz nicht auffangen konnte. Der Anteil des Energiesektors an den gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen in Hessen ist 2022 im Vergleich zum Vorjahr um 3,2 Prozentpunkte auf 22,2 % gestiegen. 1990 lag der sektorale Anteil aufgrund höherer Gesamtemissionen bei 16,2 %.

Abbildung 2 Energiebedingte CO₂-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2022 nach Sektoren



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; vorläufige Werte für 2022.

Der CO₂-Ausstoß des Verkehrssektors betrug 2022 in Hessen 12,3 Mill. t. Damit blieben die Emissionen des Verkehrssektors nahezu auf gleichem Niveau wie im Vorjahr (12,2 Mill. t CO₂). Nach ihrem Höchststand von 16,1 Mill. t CO₂ im Jahr 1999 gingen die Verkehrsemissionen für zehn Jahre deutlich zurück. Von 2013 bis 2017 stiegen sie jedoch kontinuierlich und erreichten wieder das Niveau des Basisjahres. 2020 erreichten sie mit 12,1 Mill. t CO₂ den niedrigsten Wert im betrachteten Zeitraum. 2022 lagen sie 2,1 Mill. t bzw. 14,7 % unter dem Emissionsniveau von 1990.

Maßgeblich im Verkehrssektor sind die Emissionen des Straßenverkehrs, der für 97,1 % der Emissionen des Sektors verantwortlich ist: Gegenüber 2021 stieg dessen CO₂-Ausstoß um 30 000 t bzw. 0,3 % an.

Die CO₂-Emissionen des internationalen Luftverkehrs, die per Konvention nur nachrichtlich ausgewiesen werden, stiegen von 8,0 Mill. t CO₂ im Jahr 2021 auf 11,0 Mill. t CO₂ im Jahr 2022 an. Damit lagen sie im Vergleich zum Vorjahr um 3,0 Mill. t CO₂ bzw. 37,8 % höher. Gegenüber 1990 bedeutete dies eine Zunahme um 3,2 Mill. t bzw. 40,5 %. Ursächlich ist ein Wiederaufleben des internationalen Flugverkehrs, nachdem er im Jahr 2020 wegen Reisebeschränkungen und Einreiseverboten im Zusammenhang mit der Corona-Pandemie eingebrochen war. Der durch den internationalen Luftverkehr verursachte CO₂-Ausstoß hatte 2020 mit 6,7 Mill. t CO₂ weniger als die Hälfte des Niveaus von vor der Corona-Pandemie im Jahr 2019 (14,0 Mill. t CO₂) betragen. Noch im Jahr 2022 lag er deutlich darunter.

Im Vergleich zu den anderen Emissionssektoren verzeichnete der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ 2022 als einziger Sektor einen sichtbaren Emissionsrückgang gegenüber dem Vorjahr. Mit insgesamt 10,2 Mill. t CO₂ wurden 900 000 t CO₂ bzw. 8,1 % weniger CO₂ ausgestoßen als 2021 und die niedrigste Emissionsmenge im betrachteten Zeitraum erreicht. Innerhalb dieses Sektors wirkten sich einzelne Effekte unterschiedlich aus. Im Jahr 2022 herrschte eine mildere Witterung als im relativ kühlen Vorjahr, weshalb der Energiebedarf und entsprechend die Emissionen abnahmen. Laut der Messstation des Deutschen Wetterdienstes am Frankfurter Flughafen hatte es 2021 insgesamt 244 Heizztage gegeben, während es 2022 nur 224 waren. Der energiebedingte CO₂-Ausstoß des Sektors wird hauptsächlich durch den Einsatz von Heizöl und Erdgas zu Heizzwecken verursacht und ist deshalb stärker witterungsabhängig als in anderen Sektoren. Außerdem wirken sich kurzfristige Preisentwicklungen aus: Da die Einfuhr von Erdgas aus Russland im Jahr 2022 vollständig gestoppt wurde und alternative Bezugswege erst allmählich zur Verfügung standen, stieg der Preis für Erdgas vorübergehend dramatisch an. Infolgedessen erhöhten sich einerseits ebenfalls die Preise für Strom, Fernwärme und auch Heizöl, während andererseits die Verbraucherinnen und Verbraucher ihren Verbrauch einschränkten. Die gestiegene Nutzung von Wärmepumpen und erneuerbaren Energien trug ebenfalls zu einem Rückgang der Emissionen in diesem Sektor bei.

Gegenüber 1990 reduzierte sich der CO₂-Ausstoß des Sektors um 4,9 Mill. t bzw. 32,3 %. Effektivere Heizungssysteme kombiniert mit der verstärkten Nutzung CO₂-neutraler bzw. emissionsfreier erneuerbarer Energieträger, wie Holz, Solarthermie oder Erdwärme sowie eine höhere Fernwärmeversorgung verringerten die Emissionen dauerhaft. Der sektorale Anteil an den gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen in Hessen lag 2022 bei 31,3 %.

Die hessische Industrie emittierte 2022 mit 2,9 Mill. t CO₂ 130 000 t CO₂ bzw. 4,4 % weniger als 2021. Tabelle 2 zeigt, dass sich die Emissionen auf eine geringe Anzahl von Wirtschaftszweigen konzentrierten: Spitzenreiter waren die Wirtschaftszweige „Chemische Industrie/Pharmazie“ mit 750 000 t CO₂ (26,1 % der energiebedingten CO₂-Emissionen der Industrie), „Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“ mit 460 000 t (Anteil: 16,3 %) und „Herstellung von Nichteisen-Metallen und Gießerei-Erzeugnissen“ mit 330 000 t (Anteil: 11,6 %). Das Ernährungs- und Tabakgewerbe erreichte mit 300 000 t CO₂ einen Anteil von 10,4 %, weitere 270 000 t (9,6 %) trug das Papiergewerbe bei.

Zusammen waren diese fünf Wirtschaftszweige für 74,0 % der energiebedingten CO₂-Emissionen der hessischen Industrie verantwortlich. Die Emissionsanteile der einzelnen Wirtschaftszweige veränderten sich 2022 im Vergleich zum Vorjahr nur geringfügig. Die Rangfolge der drei aus Emissionssicht gewichtigsten Wirtschaftszweige blieb unverändert, während das Papiergewerbe hinter das Ernährungs- und Tabakgewerbe zurückfiel. Gegenüber 1990 reduzierte der gesamte Industriesektor seinen CO₂-Ausstoß um 3,2 Mill. t und halbierte ihn damit.

Tabelle 2 Struktur der energiebedingten CO₂-Emissionen der Industrie in Hessen im Jahr 2022

Industriezweige	CO ₂ -Emissionen	Sektorstruktur	
	1000 t	%	%-kumul.
Chemische Industrie, Pharmazie	745	26,1	26,1
Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	464	16,3	42,3
Nichteisen-Metalle, Gießereiindustrie	332	11,6	54,0
Ernährungs- und Tabakgewerbe	298	10,4	64,4
Papiergewerbe	273	9,6	74,0
Fahrzeugbau	163	5,7	79,7
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	140	4,9	84,6
Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen	115	4,0	88,7
Herstellung von Metallerzeugnissen	100	3,5	92,2
Maschinenbau	66	2,3	94,5
Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	33	1,2	95,6
Sonstige Wirtschaftszweige	125	4,4	100
Industrie insgesamt	2 857	100	

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; vorläufige Werte.

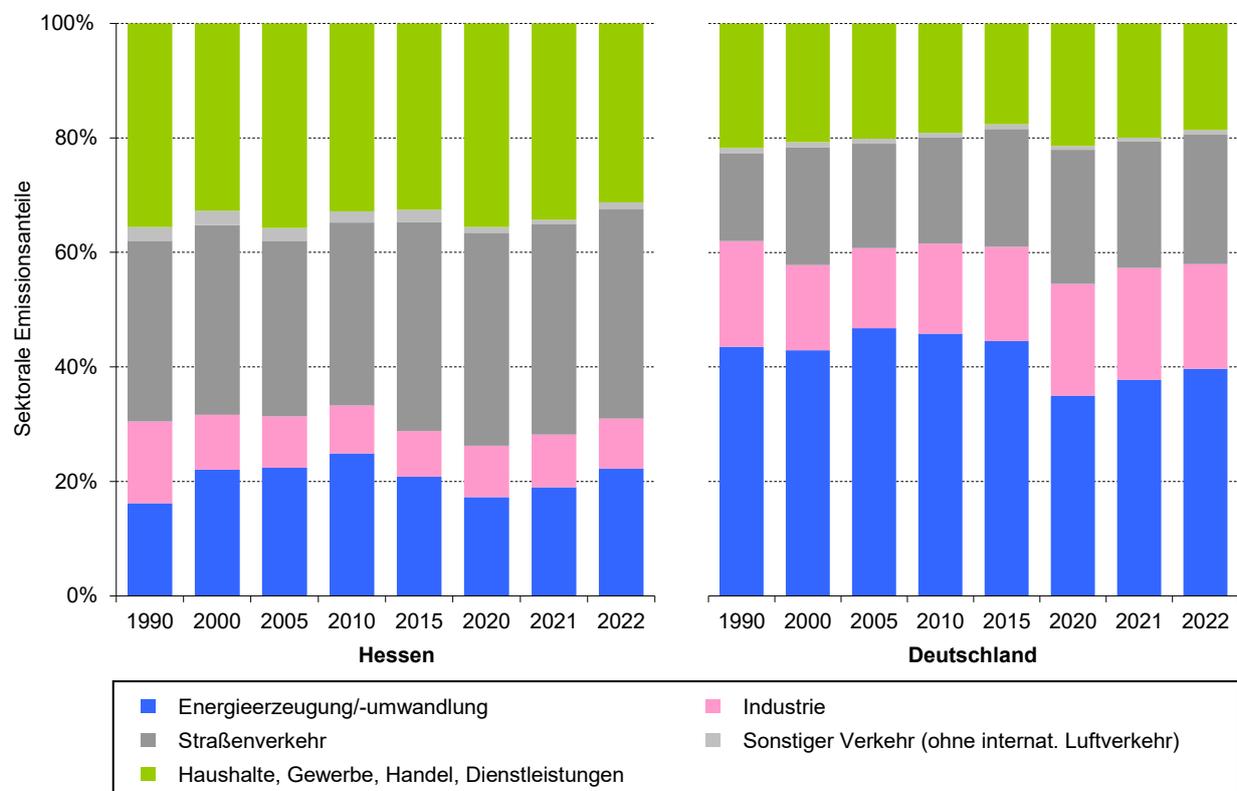
Zusammenfassend ergibt sich bei Betrachtung der verschiedenen Emissionssektoren ein heterogenes Bild. Der Verkehrssektor hatte 2022 mit 37,7 % weiterhin den größten Anteil an den CO₂-Emissionen. Gegenüber dem Basisjahr 1990 leistete dieser Sektor jedoch einen unterdurchschnittlichen Beitrag zur Emissionsminderung. Die bis 2012 erreichte Emissionssenkung war bis 2017 wieder ausgeglichen worden. Infolgedessen entspricht der bis 2022 insgesamt erreichte Rückgang der Minderung, die im Zuge der Corona-Pandemie auftrat. Der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ mit einem Anteil von zuletzt 31,3 % an den CO₂-Emissionen trug mit einer Reduktion um 4,9 Mill. t langfristig den größten absoluten Minderungsbeitrag. Die Emissionsentwicklung ist jedoch von witterungsbedingten Schwankungen beeinflusst. Der CO₂-Ausstoß des hessischen Energiesektors reduzierte sich in den letzten Jahren vor allem aufgrund eines geringeren Einsatzes von Steinkohle. Aber durch den oben erläuterten Sondereinfluss im Jahr 2022 stieg er zum ersten Mal seit 2018 wieder über das Emissionsniveau von 1990 und erreichte einen Anteil von 22,2 %. Die hessische Industrie konnte ihren CO₂-Ausstoß gegenüber 1990 prozentual mit 52,9 % am deutlichsten reduzieren. Seit 2009 schwankt das Niveau ihrer Emissionen um 3,0 Mill. t CO₂, was zuletzt einem Anteil von 8,8 % entsprach.

Die sektorale Struktur der CO₂-Emissionen in Hessen hat sich seit 1990 teilweise verändert. Dies ist unter anderem eine Folge der Entwicklungen in der Wirtschaftsstruktur (siehe Anhang). Der nachfolgende Abschnitt geht auf die Unterschiede der Emissionsanteile einzelner Sektoren zwischen Hessen und Deutschland ein.

1.3 Sektoraler Vergleich der energiebedingten CO₂-Emissionen (Quellenbilanz) zwischen Hessen und Deutschland

Vergleicht man die sektorale Struktur der energiebedingten CO₂-Emissionen in Hessen und Deutschland, werden deutliche Unterschiede sichtbar (Abbildung 3). In Deutschland dominiert der Energiesektor mit 39,7 %. Demgegenüber war die bedeutendste Quelle für die energiebedingten CO₂-Emissionen in Hessen im Jahr 2022 der Verkehrssektor mit einem Anteil von 37,7 %, gefolgt vom Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ mit 31,3 %. Die sektoralen Verschiebungen der Emissionsanteile seit 1990 entwickeln sich in Hessen und Gesamtdeutschland teilweise ähnlich: Zugenommen hat etwa übergreifend der Beitrag des Verkehrs, während der Anteil der CO₂-Emissionen durch den Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ langfristig leicht gesunken ist.

Abbildung 3 Sektorale Struktur der energiebedingten CO₂-Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2022



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Umweltbundesamt, NID 2024; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; hessische Werte für 2022 vorläufig.

Tabelle 3 Energiebedingte CO₂-Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2022

Emissionssektor	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022 ¹⁾
	CO ₂ -Emissionen in Mill. t							
	Hessen							
Energieerzeugung/-umwandlung	6,9	9,8	9,5	9,6	7,4	5,5	6,2	7,2
Industrie	6,1	4,3	3,8	3,2	2,8	2,8	3,0	2,9
Verkehr	14,4	15,8	13,9	13,1	13,8	12,1	12,2	12,3
Schienenverkehr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Straßenverkehr	13,4	14,7	13,0	12,3	13,0	11,8	11,9	12,0
Luftverkehr (national) ²⁾	0,7	0,9	0,8	0,6	0,7	0,2	0,1	0,3
Binnenschifffahrt	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ³⁾	15,1	14,6	15,1	12,7	11,6	11,3	11,1	10,2
Energiebedingte Emissionen im Inland⁴⁾	42,5	44,5	42,3	38,6	35,7	31,7	32,4	32,6
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr⁵⁾</i>	<i>7,9</i>	<i>11,7</i>	<i>12,3</i>	<i>11,9</i>	<i>13,4</i>	<i>6,7</i>	<i>8,0</i>	<i>11,0</i>
	Deutschland							
Energieerzeugung/-umwandlung ⁶⁾	431,8	360,1	381,0	356,6	335,9	211,2	238,5	249,3
Industrie	183,0	124,9	114,1	122,5	124,1	117,7	123,5	114,8
Verkehr ⁷⁾	161,4	180,0	155,9	150,4	161,5	145,5	143,6	147,0
Schienenverkehr	3,1	1,9	1,4	1,1	1,0	0,8	0,9	0,8
Straßenverkehr	151,9	172,5	148,6	144,0	155,3	141,3	139,7	142,4
Luftverkehr (national) ²⁾	2,3	2,5	2,3	2,2	2,1	0,9	0,7	1,0
Binnenschifffahrt	3,0	1,6	2,1	1,9	1,9	1,7	1,6	1,4
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ³⁾	215,7	173,8	163,7	148,8	132,8	128,9	125,7	116,9
Energiebedingte Emissionen im Inland^{4) 6)}	992,0	838,9	814,7	778,3	754,2	603,4	631,4	628,0
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr⁵⁾</i>	<i>12,0</i>	<i>19,4</i>	<i>23,0</i>	<i>24,3</i>	<i>24,5</i>	<i>13,7</i>	<i>18,2</i>	<i>27,2</i>
	Hessen in % von Deutschland							
Energieerzeugung/-umwandlung ⁶⁾	1,6	2,7	2,5	2,7	2,2	2,6	2,6	2,9
Industrie	3,3	3,4	3,3	2,6	2,3	2,4	2,4	2,5
Verkehr ⁷⁾	8,9	8,8	8,9	8,7	8,5	8,3	8,5	8,4
Schienenverkehr	3,6	4,3	4,2	4,5	5,2	5,9	5,8	6,1
Straßenverkehr	8,8	8,5	8,7	8,6	8,4	8,4	8,5	8,4
Luftverkehr (national) ²⁾	30,8	37,7	35,4	27,7	32,0	24,3	20,4	25,3
Binnenschifffahrt	6,3	5,1	4,3	3,6	2,9	2,9	3,1	3,6
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ³⁾	7,0	8,4	9,2	8,5	8,8	8,7	8,8	8,7
Energiebedingte Emissionen im Inland^{4) 6)}	4,3	5,3	5,2	5,0	4,7	5,3	5,1	5,2
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr⁵⁾</i>	<i>65,3</i>	<i>60,2</i>	<i>53,5</i>	<i>48,9</i>	<i>54,6</i>	<i>48,5</i>	<i>44,1</i>	<i>40,6</i>
<p>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.</p>								

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Umweltbundesamt, NID 2024; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Besonders ausgeprägt sind die Differenzen im Energiesektor, der im Jahr 2022 in Deutschland mit 39,7 % einen fast doppelt so hohen Anteil an den energiebedingten CO₂-Emissionen besaß wie in Hessen (22,2 %). Im Vergleich zum Basisjahr 1990

sanken die Anteile des Sektors 2022 in Deutschland um 3,8 Prozentpunkte, während sie in Hessen um 6,0 Prozentpunkte zunahmen.

Es sollte jedoch berücksichtigt werden, dass große Mengen des in Hessen verbrauchten Stroms aus anderen Bundesländern bezogen werden (2022 insgesamt 52,1 % des hessischen Bruttostromverbrauchs). Die Emissionen aus der Erzeugung dieser Strommengen werden nach der hier verwendeten Quellenbilanzierung nicht in Hessen angerechnet. Der Fernwärmeverbrauch in den verschiedenen Sektoren und die dadurch anfallenden CO₂-Emissionen werden in der Quellenbilanz dem Energiesektor zugerechnet. In der Verursacherbilanz (Abschnitt 1.5) werden die Emissionen aus importiertem Strom sowie aus Fernwärme auf die Endverbraucher in Hessen bezogen.

Der Emissionsanteil des hessischen Verkehrssektors fällt dagegen wesentlich höher aus als im Bundesgebiet: In Hessen lag beispielsweise der Anteil der Emissionen aus dem Straßenverkehr im Jahr 2022 bei 36,6 % aller energiebedingten CO₂-Emissionen, in Deutschland waren es nur 22,7 %. Die Emissionsanteile des Straßenverkehrs sind sowohl in Hessen (5,0 Prozentpunkte) als auch in Deutschland (7,4 Prozentpunkte) seit 1990 gestiegen.

Zusätzlich spielen der nationale wie auch der internationale Luftverkehr für Hessen eine besondere Rolle: 40,1 % aller Luftverkehrsemissionen Deutschlands fielen 2022 in Hessen an (Tabelle 3). Der Anteil des nationalen Luftverkehrs an den energiebedingten CO₂-Emissionen war in Hessen 2022 mit 0,8 % knapp fünfmal so hoch wie in Deutschland (0,2 %).¹

Der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ besaß 2022 in Hessen mit 31,3 % den zweithöchsten Anteil der Emissionssektoren, während sein Anteil auf Bundesebene nur 18,6 % betrug. Diese Differenz ist vermutlich auf den in Hessen starken Dienstleistungssektor bzw. auf den Handel und sonstiges Kleingewerbe zurückzuführen (siehe Beschäftigungsstruktur und Bruttowertschöpfung der einzelnen Wirtschaftszweige im Anhang).

Der Emissionsanteil der Industrie war 2022 in Hessen mit 8,8 % nur fast halb so hoch wie in Deutschland (18,3 %). Im Vergleich zu 1990 reduzierte sich der Emissionsanteil des Sektors in Hessen um 5,5 Prozentpunkte, auf Bundesebene nahm der Anteil um 0,2 Prozentpunkte ab. Diese Unterschiede sind auch auf verschiedene Wirtschaftsstrukturen in Hessen und Deutschland zurückzuführen. Dies sollte ebenso bei der Bewertung der nachfolgend berichteten Indikatoren berücksichtigt werden.

1.4 Indikatoren zu den energiebedingten CO₂-Emissionen (Quellenbilanz)

Indikatoren spielen in der Klimaschutzpolitischen Diskussion sowie im Rahmen des Leitbildes einer nachhaltigen Entwicklung eine wichtige Rolle. So können durch die

¹ Der Anteil des internationalen Luftverkehrs an den Gesamtemissionen kann nicht angegeben werden, da er nicht in die Summe der CO₂-Gesamtemissionen eingeht. Die Gesamtemissionen werden gemäß internationaler Konvention sowohl für Deutschland als auch für Hessen stets um den Beitrag des internationalen Luftverkehrs bereinigt ausgewiesen.

Verknüpfung der CO₂-Emissionen mit geeigneten Bezugsgrößen energie-wirtschaftliche und klimapolitische Zusammenhänge besser beurteilt werden.

Tabelle 4 zeigt die Entwicklung dieser spezifischen CO₂-Emissionen in Hessen und Deutschland. Bezieht man die absoluten CO₂-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.

Tabelle 4 Energiebedingte CO₂-Emissionen bezogen auf Bevölkerung, Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch in Hessen und Deutschland von 1990 bzw. 1991 bis 2022

Gebiet	1990	1991	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022 ¹⁾	1990 bzw. 1991/2022
CO ₂ -Emissionen ²⁾ je Einwohnerin bzw. Einwohner in t CO ₂										Veränderungen in %
Hessen	7,4	8,0	7,4	7,0	6,5	5,8	5,0	5,2	5,1	- 30,7
Deutschland	12,5	12,0	10,3	10,0	9,7	9,2	7,3	7,6	7,5	- 40,0
Deutschland = 100										
Hessen	59,4	66,7	71,8	70,0	66,6	63,0	69,5	67,9	68,7	
CO ₂ -Emissionen ²⁾ je Einheit Bruttoinlandsprodukt ³⁾ in t CO ₂ je Mill. Euro										Veränderungen ⁴⁾ in %
Hessen	—	308,4	229,8	200,0	170,1	137,2	110,1	105,9	100,2	- 47,1
Deutschland	—	604,2	397,7	356,0	303,5	249,2	177,3	174,5	162,0	- 55,6
Deutschland = 100										
Hessen	—	51,0	57,8	56,2	56,0	55,0	62,1	60,7	61,8	
CO ₂ -Emissionen ²⁾ je Einheit Primärenergieverbrauch in t CO ₂ je 1000 TJ										Veränderungen in %
Hessen	45,7	48,3	43,1	40,7	38,3	41,2	43,1	42,2	40,9	- 10,5
Deutschland	66,6	65,6	58,3	56,2	55,1	56,4	50,8	50,7	53,8	- 19,2
Deutschland = 100										
Hessen	68,6	73,7	74,0	72,4	69,5	73,0	84,8	83,1	76,0	
CO ₂ -Emissionen ²⁾ je Einheit bereinigtem Primärenergieverbrauch ²⁾ in t CO ₂ je 1000 TJ										Veränderungen in %
Hessen	51,6	54,3	50,9	48,5	45,6	52,2	49,1	49,2	50,4	- 2,4
Deutschland	67,3	66,3	59,3	57,4	56,4	57,9	51,6	51,8	55,6	- 17,4
Deutschland = 100										
Hessen	76,7	81,9	85,9	84,5	80,8	90,1	95,3	95,0	90,7	
<i>Nachrichtlich: Anteil des internationalen Luftverkehrs am Primärenergieverbrauch in %</i>										<i>Mittelwert 1990-2022</i>
Hessen	11,5	11,1	15,4	16,2	16,1	21,0	12,4	14,2	18,9	16,1
Deutschland	1,1	1,1	1,8	2,2	2,3	2,5	1,6	2,0	3,2	2,1

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

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Statistisches Bundesamt; AK VGRdL (Berechnungsstand: August 2023); UGRdL; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; Umweltbundesamt, NID 2024; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

In Hessen erreichten die CO₂-Emissionen pro Kopf im Jahr 1996 mit 8,4 t CO₂ ihren Höchststand. Seitdem nahmen sie kontinuierlich ab. 2022 lagen sie bei 5,1 t je Einwohnerin bzw. Einwohner und damit 30,7 % unter dem Niveau des Basisjahres. Auf Bundesebene wiederum sanken die Pro-Kopf-Emissionen kontinuierlich mit leichten Schwankungen von 12,5 t CO₂ im Jahr 1990 auf 7,5 t CO₂ im Jahr 2022. Das entspricht einer Reduktion von 40,0 %, wobei der Rückgang in den ersten fünf Jahren aufgrund des wirtschaftlichen Strukturwandels bereits 13,2 % betrug.

Die Differenz der Pro-Kopf-Emissionen zwischen Hessen und Deutschland ist über die Zeitreihe geringer geworden. Während im Basisjahr die gesamtdeutschen Emissionen pro Einwohner noch 5,1 t über dem hessischen Wert lagen, waren sie im Jahr 2022 nur noch um 2,3 t höher. Der nach wie vor erkennbare Niveauunterschied ist unter anderem auf unterschiedliche Wirtschaftsstrukturen und hohe Stromimporte in Hessen, die in der Quellenbilanz nicht emissionswirksam sind, zurückzuführen (siehe Abschnitt 1.3).

Die prozentuale Abnahme der Pro-Kopf-Emissionen fällt in Hessen und Deutschland höher aus als die prozentuale Abnahme der absoluten energiebedingten CO₂-Emissionen (gegenüber 1990 in Hessen – 23,1 % und in Deutschland – 36,7 %, siehe Abschnitt 1.2). Das ist darauf zurückzuführen, dass die Bevölkerung in Hessen und Deutschland im Betrachtungszeitraum gewachsen ist (siehe Tabelle 13 im Anhang).

Die auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP) bezogene CO₂-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 CO₂-Intensität nicht automatisch mit einer Effizienzsteigerung bestehender Wirtschaftsstrukturen gleichgesetzt werden.

Im Vergleich zu 1991 war die CO₂-Intensität, also hier die CO₂-Emissionen je Einheit preisbereinigtes Bruttoinlandsprodukt, in Hessen 2022 um 47,1 % niedriger.² Das bedeutet, dass eine vergleichbare monetäre Wirtschaftsleistung mit deutlich geringeren Emissionen erwirtschaftet wurde. Für Deutschland reduzierte sich die CO₂-Intensität in diesem Zeitraum um 55,6 %. Die CO₂-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 CO₂-Emissionen des Energiesektors deutlich gesunken, preisbereinigt zwischen 1991 und 1995 im Durchschnitt um 3,2 % pro Jahr. Zwischen 1995 und 2022 schwächte sich die Entwicklung auf einen durchschnittlichen Rückgang von 2,5 % pro Jahr ab.

Der Vergleich zwischen Hessen und Deutschland zeigt, dass die CO₂-Intensität gegenüber 1991 in Hessen weniger stark abgenommen hat (analog der Entwicklung der absoluten CO₂-Emissionen). Hierbei ist die Differenz zwischen Hessen und Deutschland mit 8,5 Prozentpunkten im Jahr 2022 deutlich geringer als bei den absoluten Emissionsmengen.

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

Die auf den Primärenergieverbrauch (PEV) bezogene CO₂-Intensität setzt die Emissionen ins Verhältnis zur Gesamtheit der eingesetzten Energieträger. Sie lag in Hessen im Jahr 2022 bei 40,9 t CO₂ je 1000 Terajoule (TJ). Damit diese international gebräuchliche Kennzahl der exponierten Stellung des Frankfurter Flughafens Rechnung trägt, ergänzt dieser Bericht eine bereinigte Kennzahl, indem der PEV um die für den internationalen Luftverkehr eingesetzten Flugturbinenkraftstoffe vermindert wird.³ Die solchermaßen bereinigte CO₂-Intensität erreichte 50,4 t CO₂ je 1000 TJ.

Bei der Betrachtung der Zeitreihe für Hessen 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 zwischen 1990 und 2011 mit durchschnittlich 14,9 % einen erheblichen Anteil am hessischen Primärenergieverbrauch leistete. In der Zeitreihe für Deutschland spiegelt sich die Aufgabe großer Kernenergie-Kapazitäten im Jahr 2022 wider. Bei der Nutzung von Kernenergie wird zwar kein CO₂ ausgestoßen, aber die eingesetzte Energieträgermenge geht in den Primärenergieverbrauch ein und wirkt sich dadurch auf die Berechnung der CO₂-Intensität aus. Im Jahr 2022 wurden auf Bundesebene 53,8 bzw. 55,6 t CO₂ je 1000 TJ – letztere Angabe bei einem um den internationalen Luftverkehr bereinigten PEV – ausgestoßen.

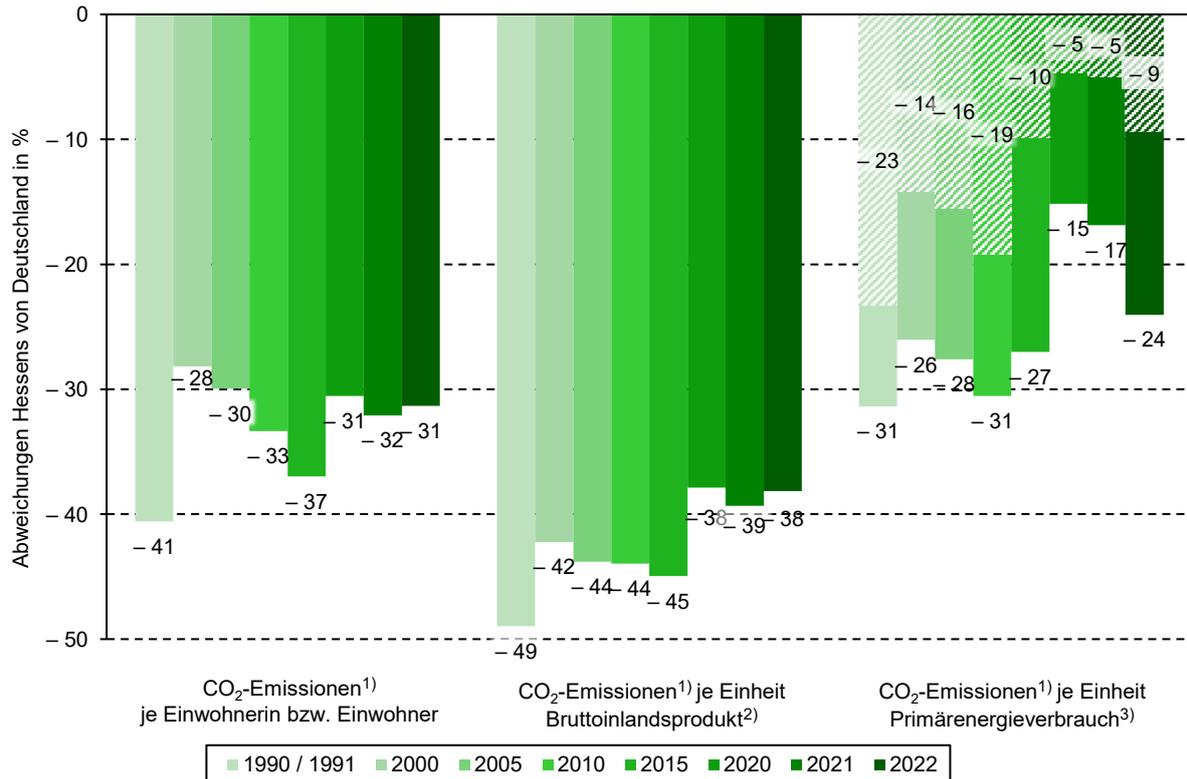
Da der Anteil des Kraftstoffverbrauchs des internationalen Luftverkehrs am PEV auf Bundesebene niedriger ist als in Hessen, beeinflusst er die deutsche CO₂-Intensität weniger stark als die hessische: In Deutschland machte der internationale Luftverkehr 2022 nur 3,2 % des PEV aus, in Hessen lag der Wert bei 18,9 %. Entsprechend unterschiedlich ist die CO₂-Intensität in Hessen je Berechnungsweg. Der Unterschied des PEV zum bereinigten PEV war in Hessen im Jahr 2022 mit 9,5 t CO₂ je 1000 TJ höher als im Vorjahr (7,0 t CO₂ je 1000 TJ). Die Annäherung beider Kennzahlen in den Jahren 2020 und 2021, in denen der Reiseverkehr infolge der Corona-Pandemie stark eingeschränkt war, unterstreicht die große Bedeutung des internationalen Luftverkehrs für den Energiebedarf in Hessen. Auch die Differenz der auf den PEV bezogenen CO₂-Intensität zwischen Hessen und Deutschland variiert stark, je nachdem ob der PEV um den Kraftstoffverbrauch des internationalen Luftverkehrs bereinigt wird oder nicht. Im Jahr 2022 betrug die Differenz der CO₂-Intensität zwischen Hessen und Deutschland 12,9 bzw. bei bereinigtem PEV 5,2 t CO₂ je 1000 TJ. Gegenüber 1990 war die hessische CO₂-Intensität 2022 um 10,5 % niedriger, bei bereinigtem PEV verringerte sich die Reduktion auf 2,4 %. In Deutschland war die CO₂-Intensität 2022 um 19,2 % bzw. bei bereinigtem PEV 17,4 % niedriger als 1990.

Bei einem Vergleich der drei verschiedenen CO₂-Intensitäten, nämlich der CO₂-Emissionen jeweils bezogen auf Bevölkerung, preisbereinigtes Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch, fällt auf, dass die Abweichungen zwischen Hessen und Deutschland 2022 deutlich geringer ausfallen als noch 1990. Bis 1996 näherten sich die jeweiligen CO₂-Intensitäten einander an. Dies hängt mit dem wirtschaftlichen Strukturwandel Anfang der neunziger Jahre zusammen, der sich auf das bundesdeutsche Emissionsgeschehen stärker auswirkte als auf das hessische. Zusätzlich hatte der Ausbau des Energiesektors in Hessen bis Mitte der 1990er Jahre zu einem deutlichen Anstieg der CO₂-Emissionen geführt (siehe Abschnitt 1.2). Im

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

Anschluss „verbesserte“ Hessen im Vergleich zu Deutschland seine CO₂-Intensitäten bis 2014. Seither nahm der Abstand mit leichten Schwankungen wieder ab. Die auf den PEV bezogenen CO₂-Intensitäten zeigen für 2022 sowohl in Hessen als auch bundesweit wegen der Auswirkungen des Kriegs in der Ukraine auf die Gasversorgung eine abweichende Entwicklung.

Abbildung 4 Abweichung der hessischen CO₂-Intensität (bezogen auf Bevölkerung, Bruttoinlandsprodukt, Primärenergieverbrauch) zur deutschen CO₂-Intensität von 1990/1991 bis 2022



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; AK VGRdL (Berechnungsstand: August 2023); UGRdL; Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; Umweltbundesamt, NID 2024; hessische Werte für 2022 vorläufig.

Zusammenfassend lässt sich in Bezug auf die verschiedenen Indikatoren festhalten:

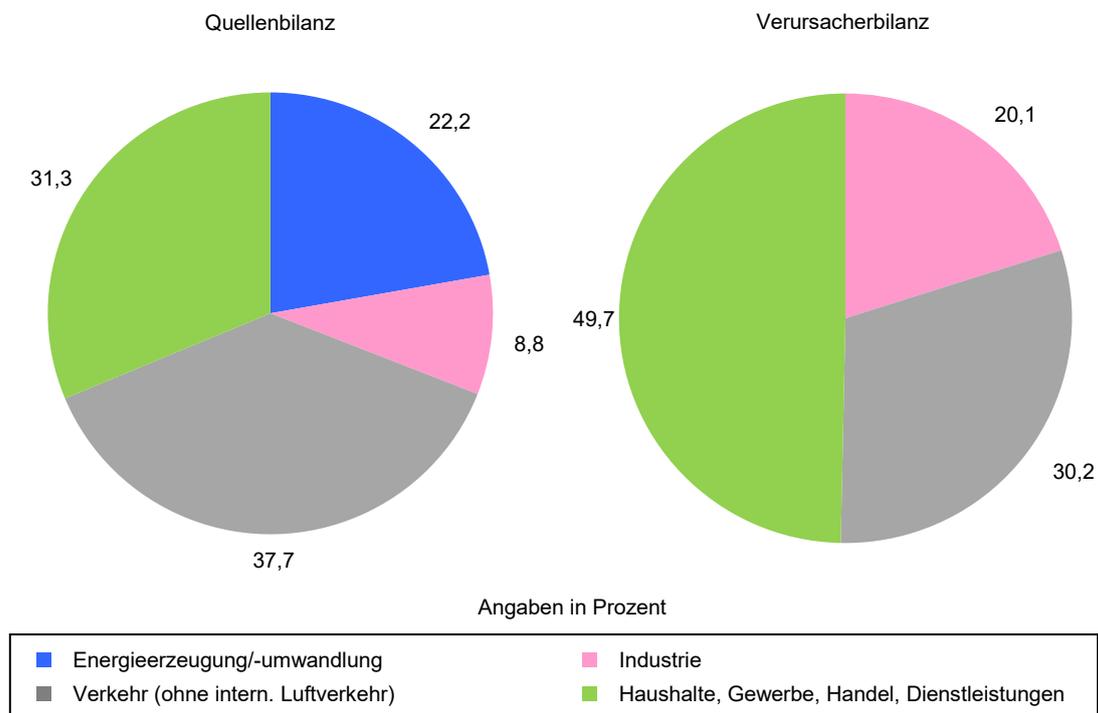
- Die Pro-Kopf-Emissionen waren in Hessen im Jahr 2022 um 31,3 % niedriger als in Deutschland. Im Basisjahr 1990 waren sie um 40,6 % niedriger, im Jahr 1996 zum Zeitpunkt der stärksten Annäherung um 24,5 %.
- Das hessische Bruttoinlandsprodukt wurde im Jahr 2022 unter Freisetzung von durchschnittlich 100,2 t CO₂ je 1 Mill. Euro erwirtschaftet – in Deutschland waren es 162,0 t CO₂ je 1 Mill. Euro. Eine vergleichbare monetäre Wirtschaftsleistung wurde in Hessen also mit um 38,2 % niedrigeren CO₂-Emissionen geschaffen. Dies ist unter anderem auf die hessische Wirtschaftsstruktur zurückzuführen.

- Die durchschnittliche CO₂-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 2022 lag der hessische Wert bei vollständiger Einbeziehung aller Mineralölprodukte in den Primärenergieverbrauch 24,0 % unter dem deutschen. Ohne Berücksichtigung der Flugkraftstoffe für den internationalen Luftverkehr fiel diese Differenz mit 9,3 % deutlich geringer aus.

1.5 Verursacherbezogene CO₂-Emissionen

In der Verursacherbilanz werden die Emissionen ausschließlich auf den Endenergieverbrauch bezogen. Die Emissionen des Umwandlungssektors (Energieerzeugung) werden nach dem Verursacherprinzip zugeordnet. Bezieht man die CO₂-Emissionen vollständig auf die Verbrauchssektoren, zeigen sich für Hessen erhebliche Abweichungen zur Quellenbilanz, sowohl in der sektoralen Struktur (Abbildung 5) als auch in der absoluten Höhe (Tabelle 5). Die verursacherbezogene Emissionsberechnung erfolgt nach der abgestimmten Methodik des Länderarbeitskreises Energiebilanzen, auf Bundesebene weist der NID keine Verursacherbilanz aus.

Abbildung 5 Anteile der Emissionssektoren an den quellen- und verursacherbezogenen CO₂-Emissionen in Hessen im Jahr 2022



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

Die hessischen verursacherbezogenen CO₂-Emissionen lagen im Jahr 2022 – ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs – bei 42,6 Mill. t CO₂ und damit deutlich höher als die in der Quellenbilanz ausgewiesenen energiebedingten CO₂-Emissionen (32,6 Mill. t CO₂, siehe Abschnitt 1.2). Die verursacherbezogenen CO₂-

Emissionen waren 2022 um 17,2 Mill. t bzw. 28,7 % niedriger als im Basisjahr 1990 (Abbildung 6). Im Vergleich zu 2021 nahmen sie um 270 000 t bzw. 0,6 % zu.

Der Emissionszuwachs gegenüber dem Vorjahr ist in erster Linie auf höhere Emissionen aus dem Strom- und Fernwärmeverbrauch zurückzuführen. Insgesamt wurden hier 970 000 t bzw. 6,0 % mehr CO₂ ausgestoßen. Dieser Zuwachs überlagert die Emissionsreduktion im Gasbereich, in dem 2022 840 000 t bzw. 9,0 % weniger CO₂ emittiert wurde als im Vorjahr.

Tabelle 5 CO₂-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen in den Jahren 2021 und 2022

Emissionssektor	Energieträger					
	Insgesamt	davon				
		Stein- kohle	Braun- kohle	Mineralöl und Mineralöl- produkte	Gas	Strom und Fernwärme ¹⁾
1000 t						
2022 ²⁾						
Industrie	8 569	323	178	266	2 201	5 600
Verkehr ³⁾	12 883	—	—	12 291	31	561
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	21 167	—	37	3 920	6 259	10 951
Endenergieverbrauchsbereich zusammen	42 619	323	216	16 477	8 491	17 112
2021						
Industrie	8 353	264	211	240	2 205	5 433
Verkehr ³⁾	12 646	—	—	12 132	42	471
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	21 352	—	53	3 984	7 082	10 234
Endenergieverbrauchsbereich zusammen	42 351	264	264	16 356	9 329	16 138
Zu- bzw. Abnahme (–) in %						
Industrie	2,6	22,4	– 15,4	11,0	– 0,2	3,1
Verkehr ³⁾	1,9	—	—	1,3	– 25,7	19,0
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	– 0,9	—	– 29,2	– 1,6	– 11,6	7,0
Endenergieverbrauchsbereich zusammen	0,6	22,4	– 18,2	0,7	– 9,0	6,0
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.						

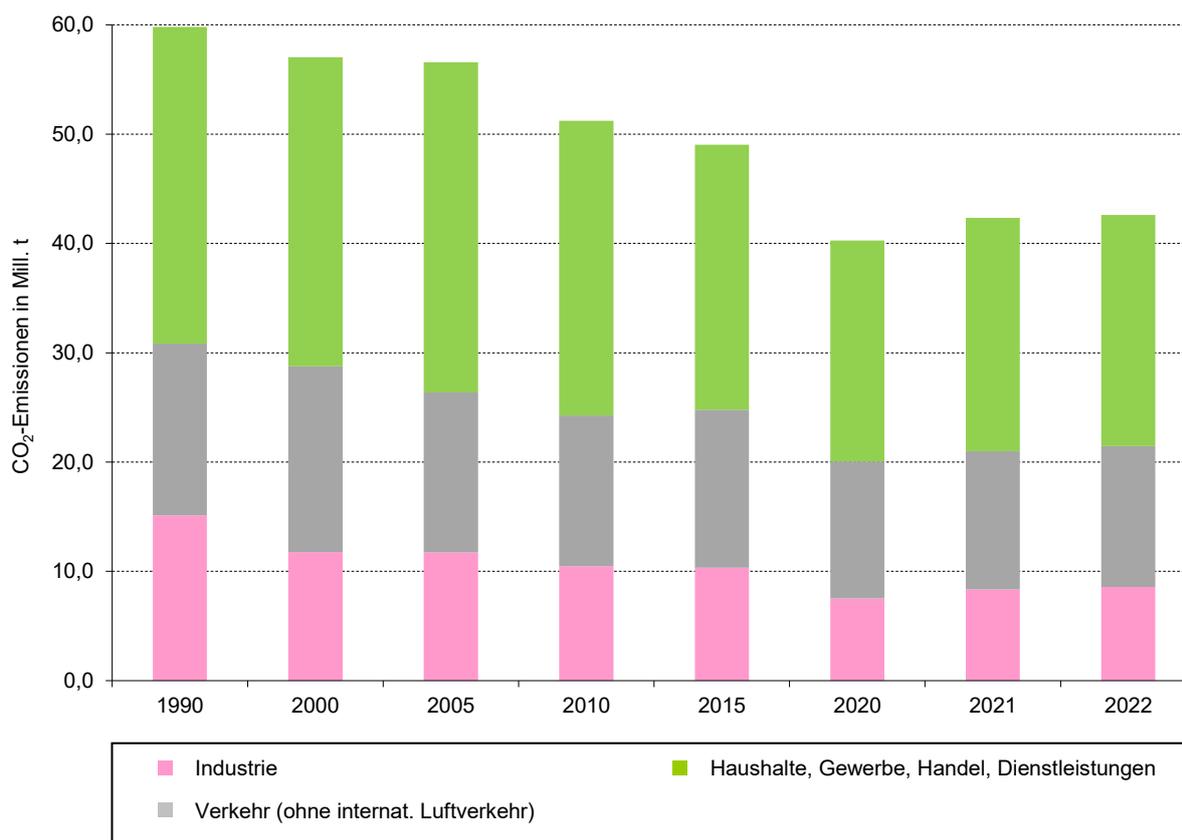
Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Sektorübergreifend waren die verursacherbezogenen CO₂-Emissionen 2022 zu 40,2 % auf den Endenergieverbrauch von Strom und Fernwärme zurückzuführen. Mineralöl und Mineralölprodukte machten 38,7 % aus, Gas kam auf 19,9 % und Stein- und Braunkohle zusammen auf 1,3 %.

Insbesondere die CO₂-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch von Strom und Fernwärme stiegen gegenüber dem Vorjahr in allen Emissionssektoren deutlich: in der Industrie um 170 000 t bzw. 3,1 %, im Verkehrssektor um 90 000 t bzw. 19,0 % und im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ um 720 000 t bzw. 7,0 %. Die im Verkehrssektor ausgewiesenen Emissionen resultieren ausschließlich aus dem Fahrstrom, Fernwärme wird hier nicht genutzt. Der überwiegende CO₂-Ausstoß aus dem Verbrauch von Fahrstrom geht auf den Schienenverkehr zurück.

Die CO₂-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch von Gas gingen in allen Sektoren zurück: in der Industrie um 4 000 t bzw. 0,2 %, im Verkehrssektor um 10 000 t bzw. 25,7 % und im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ um 820 000 t bzw. 11,6 %. Stein- und Braunkohle als Energieträger spielen mengenmäßig in den Endverbrauchsbereichen bei den hessischen Letztverbrauchern nahezu keine Rolle. Kohle wird in Hessen hauptsächlich in Großkraftwerken eingesetzt, deren Emissionen in der Verursacherbilanz über den Endenergieverbrauch von Strom und Fernwärme berücksichtigt werden.

Abbildung 6 CO₂-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen von 1990 bis 2022



Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; Werte für 2022 vorläufig.

Die CO₂-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch von Mineralölen zeichnen ein ambivalentes Bild. Im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ gingen sie um 60 000 t bzw. 1,6 % zurück. Die Emissionen in der Industrie spielen mengenmäßig eine untergeordnete Rolle, nahmen jedoch um 30 000 t bzw. 11,0 %

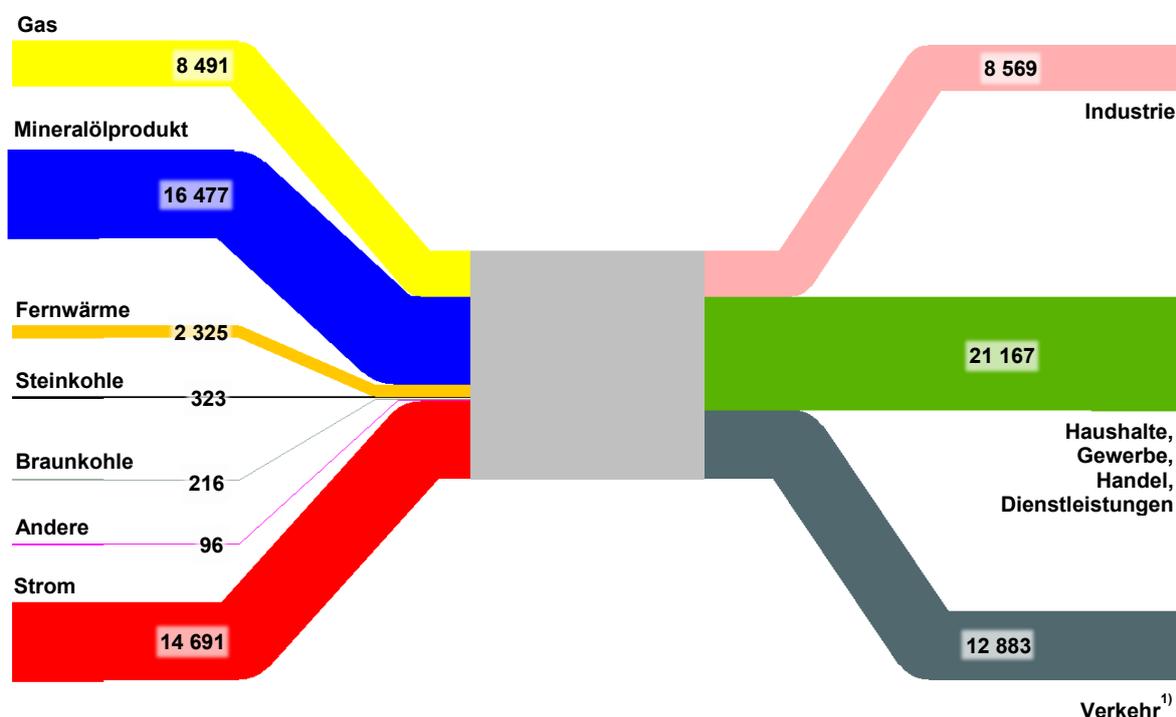
zu. Der Großteil der CO₂-Emissionen durch Mineralöle fällt im Verkehrssektor an. Im Vergleich zum Vorjahr stiegen die Emissionen hier um 160 000 t bzw. 1,3 %.

Gegenüber dem Basisjahr 1990 erfolgte die stärkste absolute Reduzierung der verursacherbezogenen CO₂-Emissionen im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“. 2022 wurden hier 7,8 Mill. t CO₂ bzw. 26,9 % weniger emittiert als im Basisjahr. Für die hessische Industrie lagen die Emissionsmengen 6,5 Mill. t bzw. 43,3 % unter dem Niveau von 1990. Im Verkehrssektor waren die Emissionen 2,8 Mill. t bzw. 18,1 % niedriger.

Seit 2014 liegen die verursacherbezogenen CO₂-Emissionen 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 auswirkt. Das Jahr 2022 stellt wegen der Auswirkungen des Kriegs in der Ukraine auf die Gasversorgung eine Ausnahme zu diesem langfristigen Trend dar.

Abbildung 7 stellt die CO₂-Emissionen nach Energieträgern den CO₂-Emissionen der Endverbrauchssektoren gegenüber. Den größten Emissionsanteil auf Verursacherseite trug mit 49,7 % der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“, gefolgt vom Verkehrssektor (30,2 %) und der hessischen Industrie (20,1 %).

Abbildung 7 Verursacherbezogene CO₂-Emissionen in Hessen im Jahr 2022 (Sankey Diagramm)



Angaben in 1000 t CO₂.

1) Ohne internationalen Luftverkehr.

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

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

2 CO₂-Emissionen aus Industrieprozessen

2.1 Ermittlung prozessbedingter CO₂-Emissionen

Zur Darstellung der Gesamtemissionen von CO₂ ist es notwendig, neben den energiebedingten auch die prozessbedingten CO₂-Emissionen zu ermitteln. Prozessbedingte klimawirksame CO₂-Emissionen werden bei chemischen Reaktionen bestimmter Produktionsprozesse direkt freigesetzt.

Auf Ebene der Bundesländer betrachtete Industrieprozesse für die Ermittlung prozessbedingter CO₂-Emissionen innerhalb des Sektors Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe sind die Herstellung von

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

Die Vorgehensweise des Länderarbeitskreises Energiebilanzen lehnt sich eng an die Berechnungsmethoden des UBA im Rahmen der nationalen Inventarberichterstattung an. Dort verwendete Emissionsfaktoren werden größtenteils übernommen. Nicht alle der im NID genannten Industrieprozesse können jedoch auch auf Länderebene abgebildet werden. Berechnungsgrundlage sind Daten aus der „Vierteljährlichen Produktionserhebung“ sowie Einsatzmengen bestimmter Rohstoffe, die separat erhoben werden. Diese Mengen der jeweiligen Industrieprozesse werden mit spezifischen Emissionsfaktoren multipliziert. Das Ergebnis stellt die prozessbedingten CO₂-Emissionen je Industrieprozess dar. Ausgewiesen wird das Resultat in Tonnen CO₂. Eine Aussage über die gesamten CO₂-Prozessemissionen des Industriesektors ergibt sich aus der Addition des Emissionspotentials der einzelnen Prozesse.

Um ein Gesamtbild mit dem einheitlichen Basisjahr 1990 – analog zur Indikatorenberichterstattung im Rahmen der Hessischen Nachhaltigkeitsstrategie – zu ermöglichen, wurden mit dem Bilanzjahr 2020⁴ auch die extrapolierten Werte der Jahre 1990 bis 1994 aktualisiert. Mit Hilfe einer linearen Regression wurden aus den vorliegenden Angaben die fehlenden Werte extrapoliert (Rück(be)rechnung). Bis zum Bilanzjahr 2013 hatte sich die Bilanzierung auf das Basisjahr 1995 bezogen. Hauptgrund dafür ist, dass weiter zurückliegende statistische Daten nicht zu ermitteln sind bzw. nicht in der erforderlichen Abgrenzung zur Verfügung stehen.

Einen Überblick über die prozessbedingten CO₂-Emissionen in Hessen gibt Tabelle 6. Im Jahr 2022 wurden prozessbedingt insgesamt 539 000 t CO₂ emittiert. Dabei waren die Herstellung von Kalk und Zementklinkern für 98,9 % der prozessbedingten CO₂-Emissionen verantwortlich.

⁴ Im Jahr 2022 wurde die Methodik zur Berechnung länderspezifischer prozessbedingter CO₂-Emissionen überarbeitet, um sowohl bei den Emissionsfaktoren als auch bei den Aktivitätsdaten möglichst analog zu Umstellungen in der Methodik des aktuellen NID vorzugehen. Entsprechend wurde auch die bisherige Extrapolation aus dem Bilanzjahr 2015 aktualisiert.

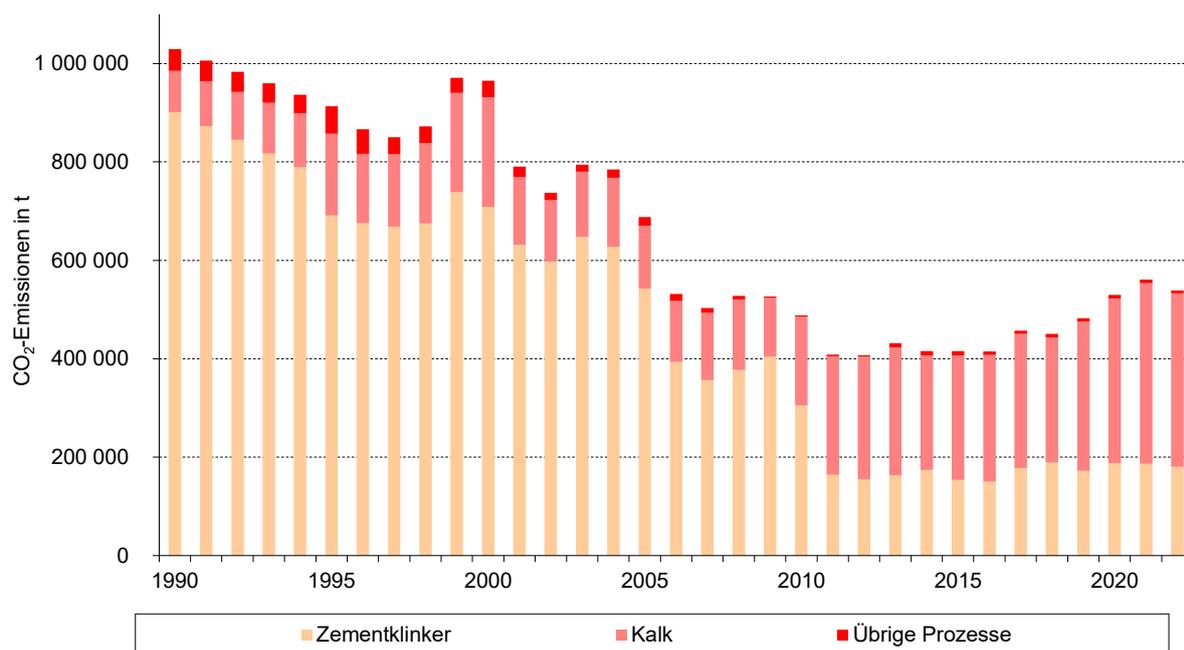
Tabelle 6 Prozessbedingte CO₂-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2022

	1990 ¹⁾	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022 ²⁾
	CO ₂ -Emissionen in 1000 t							
Prozessbedingte CO ₂ -Emissionen	1 029	965	688	488	416	529	561	539
darunter Herstellung von								
Zementklinker	901	709	543	305	154	188	187	181
Kalk	85	223	128	180	252	334	367	352
	Anteile der Industrieprozesse in %							
Prozessbedingte CO ₂ -Emissionen	100	100	100	100	100	100	100	100
darunter Herstellung von								
Zementklinker	87,5	73,4	78,9	62,5	37,1	35,5	33,3	33,5
Kalk	8,2	23,1	18,6	36,9	60,7	63,2	65,4	65,3
	Entwicklung des CO ₂ -Ausstoßes (1990 = 100)							
Prozessbedingte CO ₂ -Emissionen	100	94	67	47	40	51	54	52
darunter Herstellung von								
Zementklinker	100	79	60	34	17	21	21	20
Kalk	100	263	151	213	298	395	434	416
1) Werte rückwirkend geschätzt. – 2) Vorläufige Werte.								

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

Im Basisjahr 1990 wurden in Produktionsprozessen insgesamt 1,0 Mill. t CO₂ freigesetzt. Bis 1997 verringerten sich die prozessbedingten CO₂-Emissionen kontinuierlich, um in den darauffolgenden drei Jahren zwischenzeitlich wieder bis in die Nähe des Ausgangsniveaus anzusteigen. Zwischen 2001 und 2011 ging die Emissionsmenge aus Produktionsprozessen mit einigen Schwankungen deutlich zurück, was insbesondere auf eine langfristig gesunkene Produktion in der Zementklinkerherstellung zurückzuführen ist. Bis 2016 blieben die Emissionen auf einem annähernd gleichen Niveau. Seitdem sind sie wieder leicht angestiegen, liegen jedoch noch deutlich unter dem Niveau von 1990 (Abbildung 8). Gegenüber dem Basisjahr sanken die prozessbedingten CO₂-Emissionen in Hessen 2022 um 470 000 t bzw. 45,5 %. Im Vergleich zum Vorjahr nahmen sie um 20 000 t bzw. 3,9 % ab. Diese Zunahme ist auf niedrigere Produktionsmengen in der Zementklinker- und der Kalkherstellung zurückzuführen.

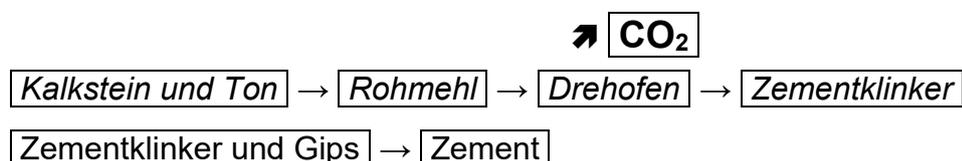
In Hessen wurden im Betrachtungszeitraum neben Zementklinker und Kalk auch Glaswaren, Ammoniak, Ziegel und Industrieruß hergestellt. Die Darstellung der Emissionen erfolgt jeweils nach einer kurzen Beschreibung der abgebildeten Prozesse. Da die Herstellung von Ruß in Hessen im Jahr 2015 stillgelegt wurde, gehen die weiteren Ausführungen darauf nicht ein. Die historischen Emissionen sind allerdings in den ermittelten prozessbedingten CO₂-Emissionen enthalten.

Abbildung 8 Prozessbedingte CO₂-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2022

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

2.2 Prozessbedingte CO₂-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 CO₂-Freisetzung findet bei der Entsäuerung des Kalksteins statt (Abbildung 9). Zementmühlen mahlen den Klinker unter Zusatz von Gips zu Zement. Dieser letzte Schritt zur Herstellung von Zement ist allerdings nicht emissionswirksam.

Abbildung 9 Schematische Darstellung der CO₂-Freisetzung bei der Zementklinkerherstellung

Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Die Herstellung von Zement war lange der bedeutendste Industrieprozess für die prozessbedingten CO₂-Emissionen in Hessen. Bis einschließlich 2010 waren durchschnittlich 78,4 % der prozessbedingten CO₂-Freisetzung diesem Industrieprozess zuzuordnen. 2011 fiel der Anteil auf 40,3 % und schwankt seitdem um dieses Niveau (33,5 % im Jahr 2022).

Im Jahr 2022 belief sich der absolute CO₂-Ausstoß aus der Zementklinkerproduktion in Hessen auf 180 000 t, das waren 6 000 t bzw. 3,2 % weniger als 2021. Gegenüber 1990 reduzierte sich die emittierte CO₂-Menge um 714 000 t bzw. 79,3 %.

Der hessische Anteil an den gesamten prozessbedingten CO₂-Emissionen in der deutschen Zementindustrie ging von 1990 bis 2012 stark zurück. 1990 lag er noch bei 5,9 %. Seit 2012 schwankt der hessische Anteil um durchschnittlich 1,3 %.

2.3 Prozessbedingte CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Kalk

Ein weiterer gewichtiger Industrieprozess bei der Entstehung prozessbedingter CO₂-Emissionen in Hessen ist die Herstellung von Kalk. Hierzu wird Kalkstein zerkleinert und im Drehofen zu Branntkalk gebrannt. Bei diesem Prozess wird CO₂ freigesetzt (Abbildung 10). Gelöschter Kalk entsteht durch die anschließende Zugabe von Wasser, dieser Schritt ist aber nicht emissionswirksam.

Abbildung 10 Schematische Darstellung der CO₂-Freisetzung bei der Kalkherstellung



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Während die Emissionen der Zementklinkerproduktion im Zeitverlauf rückläufig waren, sind die der Kalkherstellung angestiegen. Bis zum Jahr 2000 wuchs der Anteil der Kalkherstellung an den hessischen prozessbedingten CO₂-Emissionen kontinuierlich bis auf 23,1 % (fast eine Verdreifachung). Danach schwankten die CO₂-Emissionen bis einschließlich 2009 um ein wieder deutlich niedrigeres Niveau von durchschnittlich 132 000 t. Seitdem haben die Emissionen deutlich zugenommen. Bewegten sie sich zwischen 2011 und 2018 um einen Emissionsanteil von durchschnittlich 59,5 %, überschreiten sie seit 2021 die Marke von 65 %.

Im Jahr 2022 wurde mit 350 000 t CO₂ der zweithöchste Wert der CO₂-Emissionen in der Kalkherstellung erreicht. Das waren 15 000 t bzw. 4,1 % weniger als der Höchststand im Vorjahr. Im Vergleich zu 1990 haben sich die prozessbedingten CO₂-Emissionen der Kalkherstellung mehr als vervierfacht: 2022 lagen sie 280 000 t bzw. 334,0 % über dem Niveau des Basisjahres.

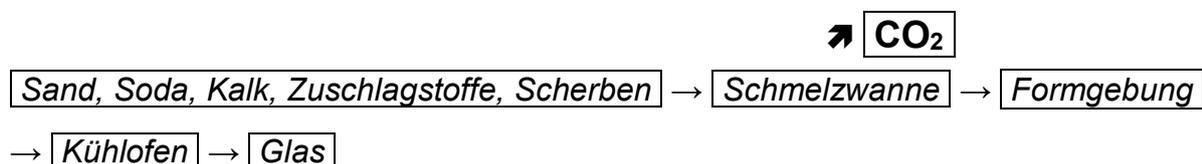
Der hessische Anteil an den gesamten prozessbedingten CO₂-Emissionen der deutschen Kalkindustrie stieg bis zum Jahr 2000 auf einen zwischenzeitlichen Höhepunkt von 3,9 % an. Daraufhin sank er abrupt ab und verharrte von 2001 bis 2009 bei durchschnittlich 2,5 %. Seitdem ist er stark gestiegen und erreichte in den Jahren 2021 und 2022 mit 8,1 % seinen Höchststand.

2.4 Prozessbedingte CO₂-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 CO₂-Emissionen entweichen den Karbonaten der Rohstoffe während des Schmelzprozesses (Abbildung 11).

Abbildung 11 Schematische Darstellung der CO₂-Freisetzung bei der Glasherstellung



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

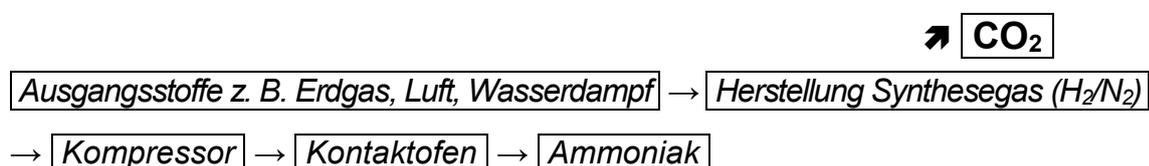
Glasbruch, der mit eingeschmolzen wird, erzeugt kein CO₂. Für die Berechnungen des CO₂-Ausstoßes werden deshalb nur emissionsrelevante Rohstoffeinsatzmengen herangezogen. In Hessen spielen CO₂-Emissionen aus Glasherstellungsprozessen nur eine untergeordnete Rolle.

Wegen der notwendigen statistischen Geheimhaltung im Falle von Einzelangaben können die ermittelten Werte nicht im Einzelnen ausgewiesen werden. Die bei der Glasherstellung emittierten CO₂-Mengen werden jedoch in der Summe der prozessbedingten Emissionen berücksichtigt.

2.5 Prozessbedingte CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Ammoniak

Ammoniak wird als chemisches Zwischenprodukt vorwiegend für die Herstellung von Düngemittel genutzt, Ammoniakwasser findet überwiegend als Reinigungsmittel Anwendung. Ammoniak ist eine chemische Verbindung aus Stickstoff und Wasserstoff. Die CO₂-Freisetzung findet bei der Herstellung des Synthesegases H₂ für die Ammoniakproduktion statt (Abbildung 12).

Abbildung 12 Schematische Darstellung der CO₂-Freisetzung bei der Ammoniakherstellung



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Ebenso wie bei der Glasherstellung fallen in Hessen kaum CO₂-Emissionen aus der Ammoniakproduktion an. Die Produktion setzte in Hessen erst im Jahr 2001 ein. Wegen der notwendigen statistischen Geheimhaltung im Falle von Einzelangaben können die ermittelten Werte nicht im Einzelnen ausgewiesen werden, sie werden jedoch in der Summe der prozessbedingten Emissionen berücksichtigt.

2.6 Prozessbedingte CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Mauer- und Dachziegeln

Prozessbedingte CO₂-Emissionen der keramischen Industrie werden nur bei Mauer- und Dachziegeln ermittelt.⁵ Rohstoff für die Herstellung von Mauer- und Dachziegeln sind in der Regel Lehme und Tone, die unterschiedliche Anteile an Kalkstein enthalten. Zur Ziegelherstellung werden dem Rohmaterial sogenannte Porosierungsmittel (u. a. Sägemehl, Papierfangstoffe, Polystyrol) beigemischt, die beim Brennen der Ziegel verbrennen und so gezielt Hohlräume hinterlassen. Die CO₂-Emissionen entstehen hierbei sowohl aus den karbonatischen als auch aus den auf fossile Ausgangsstoffe zurückgehenden Bestandteilen des Rohstoffes (Abbildung 13).

Abbildung 13 Schematische Darstellung der CO₂-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 CO₂ verursacht. Wegen der notwendigen statistischen Geheimhaltung im Falle von Einzelangaben können die ermittelten Werte nicht im Einzelnen ausgewiesen werden, sie werden jedoch in der Summe der prozessbedingten Emissionen berücksichtigt.

⁵ Im NIR 2018 wurden erstmals nicht nur Produktionszahlen für Ziegel, sondern auch für andere keramische Produkte verwendet. Die Keramikindustrie in Deutschland ist allerdings sehr heterogen geprägt und umfasst eine Vielzahl an Produkten. Aufgrund einer sonst entsprechend umfangreichen Berechnung und der Tatsache, dass Ziegel mit etwa 80 % den überwiegenden Anteil der Keramikproduktion in Deutschland abdecken, werden für die prozessbedingten CO₂-Emissionen im Rahmen des Länderarbeitskreises Energiebilanzen nur Dach- und Mauerziegel berücksichtigt.

3 Methanemissionen

3.1 Methode zur Ermittlung der Methanemissionen und Berechnungsstand

Methan (CH₄) 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 CH₄-Emissionen gehen auf natürliche Quellen zurück (UNEP 2021). Die wichtigsten natürlichen Quellen bilden Feuchtgebiete, vor allem in den Tropen. Die meisten der CH₄-Emissionen stammen aus anthropogenen Quellen, z. B. aus der Landwirtschaft, der Abfallwirtschaft und fossilen Brennstoffen. Die Tierhaltung trägt dabei zu 32 % der weltweiten anthropogenen CH₄-Emissionen bei, der Nassreisenanbau zu 8 %. Darüber hinaus spielen die Gewinnung und der Transport von Gas, der Kohlebergbau sowie die Abfalldeponierung eine wichtige Rolle. In Deutschland trugen die CH₄-Emissionen 2022 mit 6,1 % zu den Treibhausgasfreisetzungen bei (ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten und ohne Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).

Für die Berechnungen der CH₄-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 CH₄-Emissionen wird im Rahmen des AK UGRdL nach einer für alle Bundesländer einheitlichen Methode durchgeführt, die soweit möglich dem Vorgehen des NID folgt. Die Werte für 2022 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 CH₄-Emissionen basiert auf dem NID 2024.

Im Gegensatz zur Methodik bei den energiebedingten CO₂-Emissionen werden biogene Energieträger bei der Berechnung der CH₄-Emissionen insoweit berücksichtigt, dass durch ihre Nutzung freigesetztes CH₄ (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 Festsetzungen⁶:

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 Luftverkehr⁷ 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 CH₄-Emissionen ist hier nur die Verteilung von Erdgas relevant.

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

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

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

3.2 Die Methanemissionen im Einzelnen

Im Jahr 2022 wurden in Hessen gut 56 000 t CH₄ emittiert. Seit 1990 haben sich die CH₄-Emissionen kontinuierlich verringert. Zuletzt lagen sie knapp 163 000 t bzw. 74,3 % unter dem Niveau von 1990 (Tabelle 7). Auf Bundesebene reduzierten sie sich prozentual etwas weniger stark: Hier lagen die CH₄-Emissionen im Jahr 2022 um 3,1 Mill. t bzw. 65,9 % unter denen des Basisjahres.

Bezogen auf die Bevölkerung resultierten daraus 2022 für Hessen Pro-Kopf-Emissionen in Höhe von 8,9 kg CH₄. Auf Bundesebene waren es pro Kopf 19,4 kg CH₄. Jede Hessin bzw. jeder Hesse emittierte damit weniger als die Hälfte des Bundesdurchschnitts. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die

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

⁷ Für den Luftverkehr wird, wie für CO₂, nur der nationale Anteil berücksichtigt.

Landwirtschaft als mengenmäßig größter CH₄-Emittent in der hessischen Wirtschaftsstruktur weniger bedeutsam ist als in der bundesdeutschen.

Tabelle 7 Methanemissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2022

Gebiet	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022 ¹⁾	1990/2022
CH ₄ -Emissionen ²⁾ in t									Veränderungen in %
Hessen	219 327	145 998	106 689	86 408	75 926	60 342	58 526	56 450	- 74,3
Deutschland	4 771 787	3 464 538	2 622 914	2 177 314	2 027 082	1 709 639	1 664 227	1 626 377	- 65,9
Deutschland = 100									
Hessen	4,6	4,2	4,1	4,0	3,7	3,5	3,5	3,5	
CH ₄ -Emissionen ²⁾ je Einwohnerin bzw. Einwohner in kg									Veränderungen in %
Hessen	38,4	24,3	17,7	14,5	12,4	9,6	9,3	8,9	- 76,8
Deutschland	60,1	42,5	32,2	27,1	24,8	20,6	20,0	19,4	- 67,7
Deutschland = 100									
Hessen	63,8	57,1	54,9	53,4	49,9	46,7	46,5	45,9	
1) Für Hessen vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr; ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft.									

Quellen: UGRdL; Umweltbundesamt, NID 2024; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Die Entwicklung der hessischen CH₄-Emissionen in den einzelnen (Unter-)Sektoren ist in Tabelle 8 dargestellt. Gegenüber dem Vorjahr erreichten 2022 alle bedeutenden Sektoren eine Reduzierung. Insgesamt nahmen die CH₄-Emissionen um 2 000 t bzw. 3,5 % ab.

Die Hälfte des absoluten Rückgangs ist auf die Landwirtschaft zurückzuführen. Hier verringerten sich die CH₄-Emissionen gegenüber 2021 um 1 000 t bzw. 2,5 %. Sie lagen damit 20 000 t bzw. 33,5 % unter dem Niveau von 1990. Im Jahr 2022 kamen 72,1 % der CH₄-Emissionen aus der Landwirtschaft. Der Großteil der CH₄-Emissionen der Landwirtschaft geht auf Verdauungsprozesse der Viehbestände zurück. Sinkende Tierzahlen in Hessen, insbesondere der Rinderbestände, führten zu einer Verringerung der Emissionen.

Auch die Energiegewinnung und -verteilung reduzierte 2022 ihre CH₄-Emissionen. Hier sanken sie im Vergleich zum Vorjahr um 600 t bzw. 14,0 %. Im Vergleich zum Basisjahr 1990 betrug der Rückgang 15 000 t bzw. 82,0 %. Die CH₄-Emissionen in diesem Sektor beruhen vor allem auf diffusen Emissionen aus der Gasverteilung, die auf Basis der Rohrnetze bzw. Rohrnetztlängen ermittelt werden.

Zur Abnahme der CH₄-Emissionen trugen ebenfalls die Abfallentsorgung und stationäre Feuerungsanlagen bei: Ihre Emissionen nahmen 2022 gegenüber dem Vorjahr jeweils um 300 t (entsprechend 11,5 % bzw. 4,6 %) ab. Gegenüber 1990 belief sich der Rückgang bei der Abfallentsorgung auf 125 000 t, das ist mit Abstand der größte Rückgang aller Emissionssektoren und entspricht einer Minderung um 98 %.

Ursächlich hierfür sind die zunehmende Sammlung von Bioabfällen⁸ 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 CH₄-Emissionen der Abfallentsorgung aus.

Tabelle 8 Methanemissionen in Hessen von 1990 bis 2022 nach Sektoren

Emissionssektor	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022 ¹⁾
	CH ₄ -Emissionen in t							
Verkehr gesamt ²⁾	4 501	1 763	1 199	935	907	744	732	759
Stationäre Feuerungsanlagen	2 284	3 727	4 721	6 329	6 036	6 014	6 434	6 138
Energiegewinnung/-verteilung	18 784	15 263	11 904	9 246	6 611	4 012	3 929	3 378
Abwasserbeseitigung	5 132	3 754	3 697	3 263	2 995	2 623	2 626	2 661
Abfallentsorgung	127 240	70 036	37 876	20 581	13 533	4 043	2 824	2 501
Landwirtschaft	61 186	51 226	47 045	45 776	45 557	42 660	41 740	40 717
Prozesse, Produktanwendungen	200	229	247	277	288	247	241	297
Methanemissionen insgesamt³⁾	219 327	145 998	106 689	86 408	75 926	60 342	58 526	56 450
	Struktur der CH ₄ -Emissionen in %							
Verkehr gesamt ²⁾	2,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3
Stationäre Feuerungsanlagen	1,0	2,6	4,4	7,3	7,9	10,0	11,0	10,9
Energiegewinnung/-verteilung	8,6	10,5	11,2	10,7	8,7	6,6	6,7	6,0
Abwasserbeseitigung	2,3	2,6	3,5	3,8	3,9	4,3	4,5	4,7
Abfallentsorgung	58,0	48,0	35,5	23,8	17,8	6,7	4,8	4,4
Landwirtschaft	27,9	35,1	44,1	53,0	60,0	70,7	71,3	72,1
Prozesse, Produktanwendungen	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
Methanemissionen insgesamt³⁾	100	100	100	100	100	100	100	100
	Entwicklung der CH ₄ -Emissionen 1990 = 100							
Verkehr gesamt ²⁾	100	39	27	21	20	17	16	17
Stationäre Feuerungsanlagen	100	163	207	277	264	263	282	269
Energiegewinnung/-verteilung	100	81	63	49	35	21	21	18
Abwasserbeseitigung	100	73	72	64	58	51	51	52
Abfallentsorgung	100	55	30	16	11	3	2	2
Landwirtschaft	100	84	77	75	74	70	68	67
Prozesse, Produktanwendungen	100	114	124	139	144	124	120	148
Methanemissionen insgesamt³⁾	100	67	49	39	35	28	27	26
1) Vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr. – 3) Ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft.								

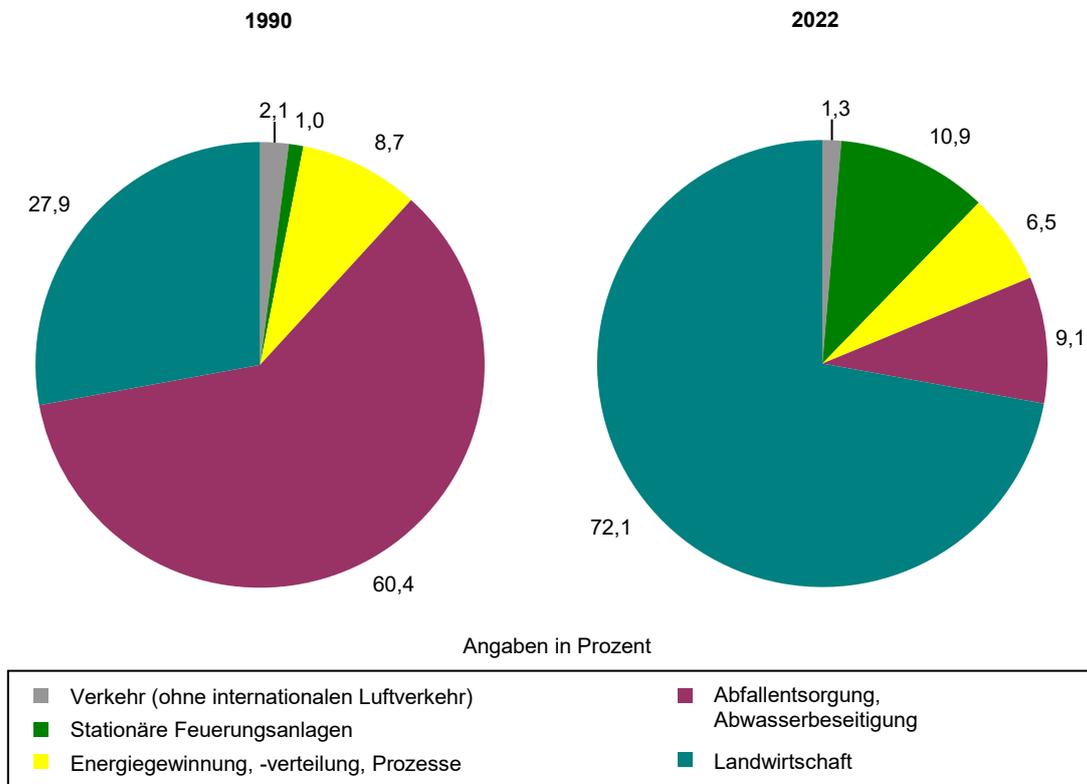
Quellen: UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

⁸ Die Emissionen aus der biologischen Abfallbehandlung (Kompostierungs-, Vergärungs- und Biogasanlagen) haben durch die zunehmende Sammlung und Nutzung von Bioabfällen seit 1990 stark zugenommen, jedoch auf vergleichsweise niedrigem Niveau. Im Jahr 2022 machten sie in Hessen 3,4 % der gesamten CH₄-Emissionen aus.

Angestiegen sind 2022 hingegen die CH₄-Emissionen aus dem Verkehr, aus der Abwasserbeseitigung sowie aus Prozessen und Produktanwendungen. Sie spielen für das CH₄-Emissionsgeschehen mengenmäßig eine untergeordnete Rolle. In der Summe nahmen sie gegenüber 2021 um 100 t bzw. 3,3 % zu. Im Vergleich zum Basisjahr 1990 gingen sie indessen um 6 000 t bzw. 62,2 % zurück.

Die sektorale Struktur der CH₄-Emissionen hat sich seit 1990 deutlich verändert (Abbildung 14). Damals waren Abfallentsorgung und Abwasserbeseitigung für 60,4 % der CH₄-Emissionen in Hessen verantwortlich. Der Anteil des Sektors ist insbesondere aufgrund der beschriebenen Entwicklung bei der Deponierung von Siedlungsabfällen deutlich gesunken, 2022 betrug er nur noch 9,1 %. Der Emissionsanteil der Landwirtschaft ist deutlich gestiegen, von 27,9 % im Jahr 1990 auf 72,1 % 2022. Hier gingen die absoluten CH₄-Emissionen über den gesamten Betrachtungszeitraum kontinuierlich zurück, allerdings nicht so stark wie die Gesamtemissionen. Auch bei der „Energiegewinnung, und -verteilung“ zeigte sich dies bis 2004. Seit 2012 ist hier der Rückgang der absoluten CH₄-Emissionen allerdings so groß, dass der Anteil zusehends abnimmt. Dagegen nahm der Anteil der stationären Feuerungsanlagen deutlich zu. Dies ist der einzige Sektor, in dem seit 1990 eine nennenswerte absolute Emissionszunahme erfolgte. Der Emissionsanteil des Verkehrssektors halbierte sich annähernd, jedoch auf vergleichsweise niedrigem Niveau.

Abbildung 14 Struktur der Methanemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2022



Quellen: UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; vorläufige Werte für 2022.

Bei einem Vergleich der sektoralen Emissionsanteile zwischen Hessen und Deutschland fallen geringe Unterschiede auf. Die Landwirtschaft hat in Deutschland

mit 74,9 % einen um 2,8 Prozentpunkte höheren Anteil an den CH₄-Emissionen als in Hessen. Dies spiegelt sich auch in einem größeren Gewicht des Sektors auf Bundesebene in Bezug auf die Bruttowertschöpfung und die Beschäftigtenzahl wider (siehe Tabelle 17 und Tabelle 18 im Anhang). Die Energie (Summe aus Energiegewinnung/-verteilung sowie stationären und mobilen Feuerungsanlagen) hat hingegen in Deutschland mit 14,5 % einen um 2,3 Prozentpunkte geringeren Emissionsanteil als in Hessen. Am geringsten fällt der Unterschied im Bereich Abfall- und Abwasserwirtschaft aus. Hier liegt der Anteil auf Bundesebene mit 9,3 % um 0,2 Prozentpunkte über dem Emissionsanteil in Hessen. Prozesse und Produktanwendungen spielen in Bezug auf die CH₄-Emissionen in Hessen und in Deutschland eine untergeordnete Rolle.

4 Lachgasemissionen

4.1 Methode zur Ermittlung der Lachgasemissionen und Berechnungsstand

Distickstoffoxid (N_2O) oder Lachgas zählt zu den klimarelevanten Gasen. Mit durchschnittlich über 100 Jahren hat N_2O 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 N_2O -Emissionen trugen 2022 in Deutschland mit 3,1 % zu den gesamten Treibhausgasfreisetzungen bei (ausgedrückt in CO_2 -Äquivalenten und ohne Berücksichtigung von Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).

Die mit Abstand wichtigste Quelle der anthropogenen N_2O -Emissionen ist die Landwirtschaft (Viehhaltung, Düngemittel). Außerhalb der Landwirtschaft spielen auch Verbrennungsprozesse in mobilen Feuerungsanlagen (überwiegend im Straßenverkehr) eine Rolle. Ein N_2O -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 N_2O -Emissionen wird im Rahmen des AK UGRdL nach einer für alle Bundesländer einheitlichen Methode durchgeführt, die soweit möglich dem Vorgehen des NID folgt. Die Werte für 2022 sind als vorläufig zu bewerten. Die Berücksichtigung biogener Energieträger erfolgt analog zum zuvor genannten Vorgehen bei den 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 N_2O -Emissionen basiert auf dem NID 2024.

Für die Sektoren „Verkehr“, „Stationäre Feuerungsanlagen“, „Abwasserbeseitigung“ und „Abfallentsorgung“ wird überwiegend analog zur Berechnung der CH_4 -Emissionen vorgegangen (siehe Abschnitt 3.1), hierbei werden die spezifischen N_2O -Emissionsfaktoren verwendet. Für die Abfallentsorgung fallen jedoch keine N_2O -Emissionen aus der Deponierung von Siedlungsabfällen an. In der Landwirtschaft fallen keine N_2O -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 N_2O -Emissionen an.

4.2 Die Lachgasemissionen im Einzelnen

Im Jahr 2022 wurden in Hessen gut 3 000 t N_2O freigesetzt. Die Emissionen stiegen damit im Vergleich zum Vorjahr um 0,4 % (Tabelle 9). Im Vergleich zu 1990 reduzierten sich die N_2O -Emissionen um 1 000 t bzw. 24,1 %. Der hessische Anteil an den N_2O -Emissionen Deutschlands lag 2022 bei 3,7 % und damit 0,7 Prozentpunkte über dem durchschnittlichen Wert im Betrachtungszeitraum. Dieser Anteil hat sich seit

1990 um 1,4 Prozentpunkte erhöht, das heißt der Rückgang der N₂O-Emissionen in Hessen ist weniger stark als im gesamten Bundesgebiet.

Der Großteil der hessischen N₂O-Emissionen ist auf landwirtschaftliche Bodennutzung zurückzuführen. Die auf Ebene der Bundesländer ausgewiesenen Mengen, die aus dem jeweils verwendeten Stickstoffdünger hervorgehen, spiegeln jedoch nur bedingt die tatsächlichen regional entstehenden Emissionen von N₂O wider, da die tatsächliche Ausbringung auf den Feldern nicht abgebildet werden kann.

Tabelle 9 Lachgasemissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2022

Gebiet	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022 ¹⁾	1990/2022
N ₂ O-Emissionen ²⁾ in t									Veränderungen in %
Hessen	4 181	3 914	3 521	3 429	3 596	3 310	3 161	3 173	- 24,1
Deutschland	188 408	119 677	123 098	100 295	102 757	90 474	88 028	86 818	- 53,9
Deutschland = 100									
Hessen	2,2	3,3	2,9	3,4	3,5	3,7	3,6	3,7	
N ₂ O-Emissionen ²⁾ je Einwohnerin bzw. Einwohner in kg									Veränderungen in %
Hessen	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	- 31,6
Deutschland	2,4	1,5	1,5	1,2	1,3	1,1	1,1	1,0	- 56,4
Deutschland = 100									
Hessen	30,8	44,3	38,6	46,0	46,6	48,4	47,5	48,3	
1) Für Hessen vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr; ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft.									

Quellen: UGRdL; Umweltbundesamt, NID 2024; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

In Deutschland reduzierten sich die N₂O-Emissionen 2022 gegenüber dem Vorjahr um gut 1 000 t bzw. 1,4 %. Im Vergleich zu 1990 waren sie 102 000 t bzw. 53,9 % niedriger. Die hessischen N₂O-Emissionen sanken bis 2004 deutlich, während sie sich anschließend bis 2018 auf einem konstanten Niveau hielten und seit 2019 einem erkennbaren Reduktionspfad folgen. Auf Bundesebene sind zwei markante Emissionsrückgänge erkennbar – beide gehen auf die chemische Industrie zurück. Ende der neunziger Jahre und Ende der 2000er Jahre reduzierte der Sektor seine N₂O-Emissionen sehr deutlich und dauerhaft: Im Jahr 2022 waren die N₂O-Emissionen aus der chemischen Industrie 71 000 t bzw. 98,2 % niedriger als 1990. Die insgesamt rückläufigen N₂O-Emissionen in Deutschland sind damit überwiegend auf die Emissionsentwicklung der chemischen Industrie zurückzuführen.

Rechnerisch verursachte jede Hessin bzw. jeder Hesse 2022 durchschnittlich 0,5 kg N₂O-Emissionen, auf Bundesebene waren es 1,0 kg pro Kopf. Die Pro-Kopf-Emissionen der hessischen Bevölkerung waren mit 48,3 % etwa halb so groß wie die bundesdeutschen. Wie bei den CH₄-Emissionen ist das überwiegend auf die geringere Bedeutung der Landwirtschaft in der hessischen Wirtschaftsstruktur zurückzuführen.

Wenngleich die absoluten N₂O-Emissionen im Vergleich zu CH₄ oder CO₂ gering sind, sollte bei einer Bewertung der Emissionsmengen berücksichtigt werden, dass N₂O das mit Abstand höchste Treibhauspotential der drei Stoffe hat (siehe Kapitel 6).

Umgerechnet entsprechen die hessischen Pro-Kopf-Emissionen von 0,5 kg N₂O etwa 132,6 kg CO₂-Äquivalenten pro Kopf. Durch die hohe Klimawirksamkeit können also bereits geringe N₂O-Mengen einen erkennbaren Einfluss auf das gesamte Emissionsgeschehen haben.

Tabelle 10 Lachgasemissionen in Hessen von 1990 bis 2022 nach Sektoren

Emissionssektor	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022 ¹⁾
	N ₂ O-Emissionen in t							
Verkehr gesamt ²⁾	265	470	276	357	440	464	462	479
Feuerungsanlagen	367	350	364	380	343	322	335	333
Abfall-/Abwasserwirtschaft	307	536	592	507	590	626	624	630
Landwirtschaft	2 759	2 266	2 187	2 114	2 175	1 855	1 693	1 674
<i>darunter</i>								
<i>Bodennutzung</i>	2 276	1 856	1 793	1 720	1 798	1 514	1 364	1 355
<i>Wirtschaftsdünger</i>	484	408	388	370	352	322	312	302
Prozesse, Produktanwendungen	483	292	102	71	49	44	47	58
N₂O-Emissionen insgesamt³⁾	4 181	3 914	3 521	3 429	3 596	3 310	3 161	3 173
	Struktur der N ₂ O-Emissionen in %							
Verkehr gesamt ²⁾	6,3	12,0	7,8	10,4	12,2	14,0	14,6	15,1
Feuerungsanlagen	8,8	8,9	10,3	11,1	9,5	9,7	10,6	10,5
Abfall-/Abwasserwirtschaft	7,3	13,7	16,8	14,8	16,4	18,9	19,7	19,9
Landwirtschaft	66,0	57,9	62,1	61,7	60,5	56,0	53,6	52,7
<i>darunter</i>								
<i>Bodennutzung</i>	54,4	47,4	50,9	50,2	50,0	45,8	43,2	42,7
<i>Wirtschaftsdünger</i>	11,6	10,4	11,0	10,8	9,8	9,7	9,9	9,5
Prozesse, Produktanwendungen	11,6	7,5	2,9	2,1	1,4	1,3	1,5	1,8
N₂O-Emissionen insgesamt³⁾	100	100	100	100	100	100	100	100
	Entwicklung der N ₂ O-Emissionen 1990 = 100							
Verkehr gesamt ²⁾	100	177	104	135	166	175	174	181
Feuerungsanlagen	100	95	99	103	93	88	91	91
Abfall-/Abwasserwirtschaft	100	175	193	165	192	204	203	205
Landwirtschaft	100	82	79	77	79	67	61	61
<i>darunter</i>								
<i>Bodennutzung</i>	100	82	79	76	79	67	60	60
<i>Wirtschaftsdünger</i>	100	84	80	77	73	67	65	62
Prozesse, Produktanwendungen	100	60	21	15	10	9	10	12
N₂O-Emissionen insgesamt³⁾	100	94	84	82	86	79	76	76

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

Quellen: UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

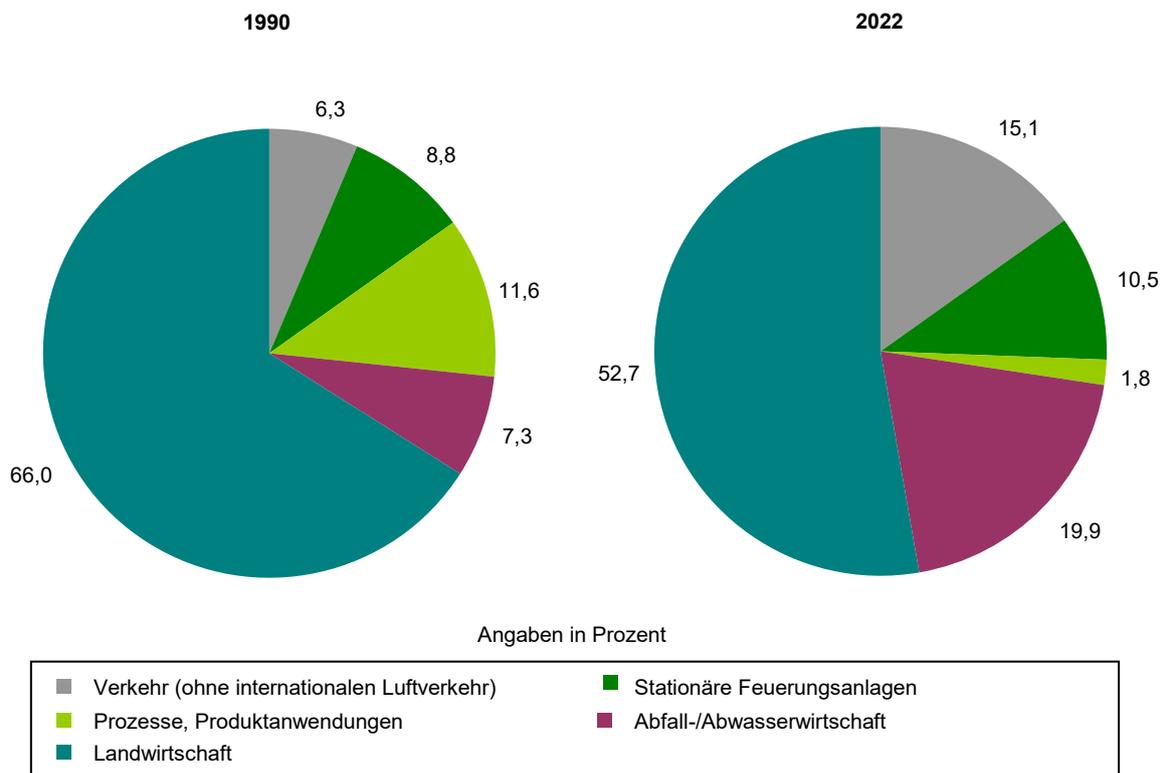
Tabelle 10 zeigt die Entwicklung der N₂O-Emissionen in den einzelnen Emissionssektoren. Darin ist erkennbar, dass sich die (Unter-) Sektoren gegenüber dem Vorjahr nur leicht verändert haben. Die größten absoluten Veränderungen traten mit einer Reduktion um 19 t N₂O im Bereich der Landwirtschaft und mit einer Zunahme um 17 t N₂O im Verkehrsbereich auf.

Die sektoralen Anteile an den N₂O-Emissionen haben sich zwischen 1990 und 2022 nicht so deutlich verändert wie bei den CH₄-Emissionen (Abbildung 15). Die Landwirtschaft trug 2022 mit 52,7 % weiterhin den mit Abstand größten Anteil bei.

Allerdings trug sie mit ihrer Minderung um 1 000 t bzw. 39,3 % seit 1990 auch den größten Teil des Rückgangs der hessischen N₂O-Emissionen bei. Zu einem Rückgang kam es ebenfalls im Bereich Prozesse und Produktanwendungen. Diese Entwicklung fand jedoch überwiegend vor 2010 statt. In den letzten Jahren blieben die N₂O-Emissionen des Sektors nahezu konstant. Im Gegensatz dazu stieg der Beitrag des Verkehrssektors bis 1995 stark an, kehrte anschließend bis 2005 fast auf das Niveau des Basisjahres zurück. Danach nahm er erneut deutlich zu. Erst im Jahr 2020 nahm er wieder merklich ab, um ausgehend von dem niedrigeren Niveau den wachsenden Trend fortzusetzen. Die N₂O-Emissionen des Verkehrssektors erreichten 2022 wieder das Niveau von 2017.

Die sektoralen Anteile der N₂O-Emissionen sind in Hessen und Deutschland ähnlich. Sie unterscheiden sich vor allem darin, dass der Sektor Verkehr in Hessen höhere und die Landwirtschaft niedrigere Anteile besitzt als in Deutschland.

Abbildung 15 Struktur der Lachgasemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2022



Quellen: UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; vorläufige Werte für 2022.

5 F-Gas-Emissionen

In die hessische Treibhausgasbilanz wurden für das Bilanzjahr 2019 erstmalig die Treibhausgasemissionen der F-Gase integriert. Die Bezeichnung „F-Gase“ steht für fluorierte Treibhausgase und umfasst teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW), vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), Schwefelhexafluorid (SF₆) und Stickstofftrifluorid (NF₃). F-Gase werden in verschiedenen Sektoren und Anwendungen verwendet, häufig als Ersatz für ozonabbauende Stoffe, deren Nutzung seit der Verabschiedung des Montrealer Protokolls⁹ 1987 reduziert wird. F-Gase besitzen eine starke Treibhausgaswirkung: Ihre GWP-Werte sind bis zu 24 000 Mal größer als die von Kohlendioxid (UBA 2024c).

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

Die Emissionen der F-Gase trugen 2022 in Deutschland 1,3 % zu den gesamten Treibhausgasemissionen bei (ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten und ohne Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft). Seit dem Höchststand im Jahr 1995 sind die fluorierten Treibhausgasemissionen um 37,9 % 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 seit 1995 in Deutschland die Emissionen von FKW (– 91,5 %), von Gemischen aus HFKW und FKW (– 97,4 %) sowie von SF₆ (– 69,8 %) deutlich, während die HFKW-Emissionen erheblich anstiegen (+ 217,3 %).

Die Berechnung der F-Gas-Emissionen basiert auf den Bundeswerten (NID) und erfolgt gemäß einer für alle Bundesländer einheitlichen Methode. Dazu werden im Rahmen des AK UGRdL die F-Gas-Emissionen des Bundes anhand der Bevölkerung auf die Bundesländer aufgeteilt. Eine Untergliederung in Stoffgruppen sowie Emissionssektoren liegt auf Länderebene nicht vor. Der gegenwärtige Berechnungsstand der hessischen F-Gas-Emissionen basiert auf dem NID 2024.

Tabelle 11 bildet die Treibhausgasemissionen der F-Gase in Hessen und Deutschland zwischen 1990 und 2022 ab. Die abgebildeten Mengen sind die Summen der verschiedenen F-Gase. Die Emissionen werden direkt in CO₂-Äquivalenten (CO₂äq) ausgewiesen, da die Treibhauspotenziale (GWP) der fluorierten Treibhausgase je nach Substanz stark variieren.

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

Tabelle 11 F-Gas-Emissionen in Hessen und Deutschland von 1990 bis 2022

Gebiet	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	1990/2022
	F-Gas-Emissionen in 1000 t CO ₂ -Äquivalenten									Veränderungen in %
Hessen	888	1 177	940	1 006	1 018	1 093	874	824	753	- 15,2
Deutschland	12 324	16 022	12 736	13 579	13 689	14 550	11 552	10 897	9 948	- 19,3
	Deutschland = 100									
Hessen	7,2	7,3	7,4	7,4	7,4	7,5	7,6	7,6	7,6	

Quellen: UGRdL; Umweltbundesamt, NID 2024; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Im Jahr 2022 wurden in Hessen F-Gase mit einem Umfang, der 750 000 t CO₂äq entspricht, freigesetzt. Damit gingen ihre Emissionen im Vergleich zum Vorjahr um 8,7 % zurück und setzten den seit 2018 zu beobachtenden Abwärtstrend weiter fort. Im Vergleich zu 1990 sanken die F-Gas-Emissionen um 130 000 t CO₂äq bzw. 15,2 %. Ihren Höchststand erreichten die F-Gase 1995 mit 1,2 Mill. t CO₂äq. Im Vergleich zu diesem späteren Stand (vom NID als Basisjahr der F-Gase definiert) sind die F-Gas-Emissionen in Hessen um 36,0 % zurückgegangen. Auf Bundesebene reduzierten sie sich noch etwas stärker: Hier lagen die F-Gas-Emissionen im Jahr 2022 um 6,1 Mill. t CO₂äq bzw. 37,9 % unter dem Höchststand des Jahres 1995.

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

6 Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)

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

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

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

Grundlage der Berechnung ist eine Landnutzungsmatrix, die auf einem regelmäßigen Raster von Stichprobenpunkten basiert. Auf dieser Basis werden für die gesamte Fläche der Bundesrepublik alle Landnutzungen und Landnutzungsänderungen erfasst. Das verwendete Raster ermöglicht eine Ausweisung der Ergebnisse auf Ebene der Bundesländer. Die Berechnung der anfallenden Treibhausgasemissionen oder -senken erfolgt mit für die einzelnen Landnutzungskategorien spezifischen Emissionsfaktoren. Eine detaillierte Beschreibung der Daten und Berechnung enthält Kapitel 6 des NID 2024.

Um eine vergleichbare Emissionsbewertung der abgebildeten Treibhausgase zu ermöglichen, werden die CH₄- und N₂O-Mengen anhand ihres Treibhauspotentials („Global Warming Potential“, GWP) in CO₂-Äquivalente umgerechnet. Tabelle 12 bildet die Mengen der Treibhausgasemissionen bzw. -senken des LULUCF-Sektors in Hessen zwischen 1990 und 2022 nach Treibhausgasen ab. Die abgebildeten Mengen sind die Summen der verschiedenen Landnutzungsformen, wie z. B. Wald, Grün- und Ackerland oder Siedlungen (siehe NID für eine vollständige Übersicht der verschiedenen Landnutzungsformen).

Tabelle 12 Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft in Hessen von 1990 bis 2022

Treibhausgas	Chemische Formel	GWP	1990	1991	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
			Emissionen in 1000 t CO ₂ -Äquivalenten								
Kohlendioxid	CO ₂	1	- 974	- 5 814	- 3 457	- 2 183	- 3 856	- 4 459	- 2 841	- 3 559	- 3 694
Methan	CH ₄	28	22	22	22	22	22	22	23	22	23
Lachgas	N ₂ O	265	23	23	22	31	21	21	27	26	29
Insgesamt			- 929	- 5 769	- 3 413	- 2 130	- 3 813	- 4 416	- 2 791	- 3 510	- 3 641

Anmerkung: Negative Werte entsprechen Emissionssenkungen.

Quelle: Thünen-Institut.

Der LULUCF-Sektor wirkte im Betrachtungszeitraum in Hessen als Kohlenstoffsenke, indem er große Mengen CO₂ aufnahm und speicherte. Die Netto-Emissionen des Sektors (ausgestoßene Treibhausgase minus gespeicherte Treibhausgase) betragen 2022 insgesamt – 3,6 Mill. t CO₂äq, das heißt es wurde mehr CO₂ aufgenommen als CO₂ sowie – in geringem Umfang – CH₄ und N₂O ausgestoßen. Zurückzuführen ist das hauptsächlich auf die CO₂-Speicherung in Form von Biomasse in Wäldern. Auch Gehölze, die zur Landnutzungsform Grünland zählen, und Siedlungen speicherten mehr CO₂ als sie ausstießen. Dagegen wurde durch Landnutzung in Form von Ackerland deutlich mehr CO₂ ausgestoßen als aufgenommen. Im Jahr 2022 betragen die Netto-Emissionen von CO₂ – 3,7 Mill. t. Damit ging die CO₂-Aufnahme des LULUCF-Sektors gegenüber 1991 – aufgrund hohen Sturmaufkommens gilt 1990 für CO₂ als Ausreißer – um 2,1 Mill. t CO₂ bzw. 36,5 % zurück.

In keiner Landnutzungsform erfolgte eine Speicherung von CH₄ und N₂O, das heißt diese Stoffe fielen ausschließlich als Emissionen an. Ein CH₄- bzw. N₂O-Ausstoß erfolgte vor allem durch Landnutzung in Form von Wald, Ackerland sowie in Feuchtgebieten und Siedlungen. Der CH₄-Ausstoß lag 2022 insgesamt um gut 1 000 t CO₂äq bzw. 6,0 % höher als 1990. Der N₂O-Ausstoß nahm im selben Zeitraum um 6 000 t CO₂äq bzw. 26,8 % zu. Diese Emissionen spielen gegenüber den CO₂-Mengen jedoch eine untergeordnete Rolle.

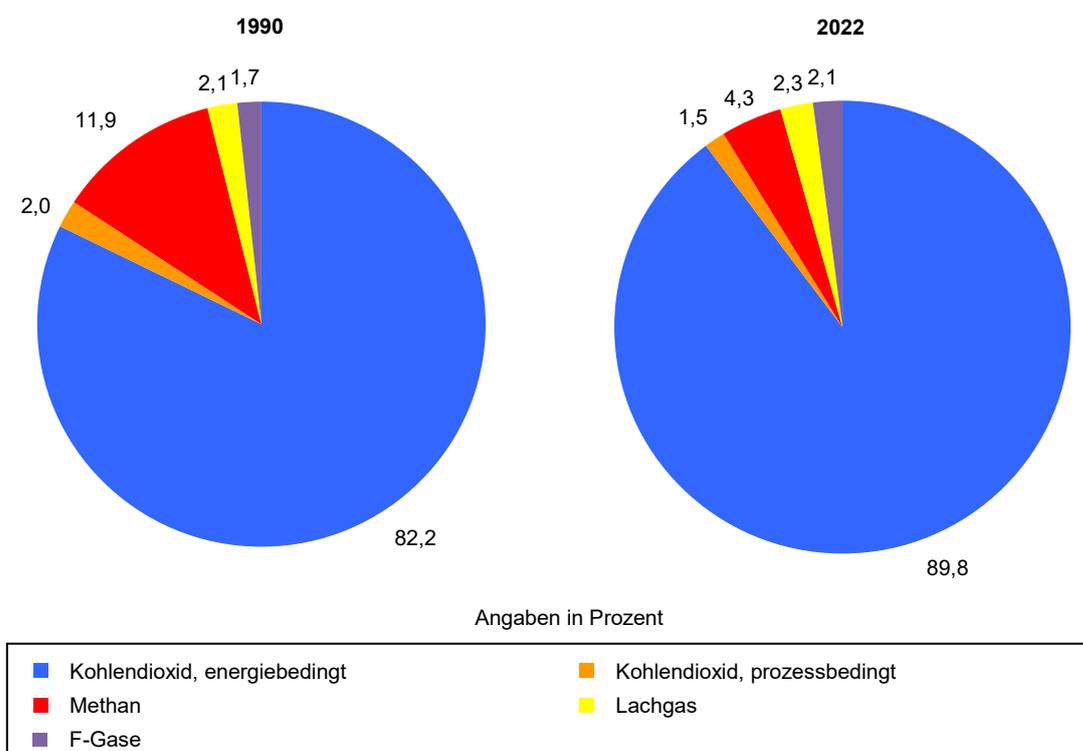
Die insgesamt rückläufige Senkenwirkung des LULUCF-Sektors gegenüber 1991 geht überwiegend auf die gesunkene CO₂-Speicherung in Form von Biomasse in Wäldern zurück. Außerdem sind die Emissionen aus Ackerland zu großen Teilen auf die Konversion – also die Nutzungsänderung von Flächen – zurückzuführen, die zuvor den Landnutzungsformen Wald und Grünland zuzuordnen waren. Die Senkenwirkung des LULUCF-Sektors nahm 2022 im Vergleich zu 1991 insgesamt um 2,1 Mill. t CO₂äq bzw. 36,9 % ab.

7 Fazit

Die hessische Treibhausgasbilanz gibt einen Überblick über die Entwicklung und Struktur der Emissionen der mengenmäßig bedeutendsten Klimagase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (Distickstoffoxid, N₂O) und F-Gase (HFKW, FKW, SF₆ und NF₃) für das Bundesland Hessen. Die Ergebnisse werden in CO₂-Äquivalenten (CO₂äq) dargestellt und stehen seit 1990 zur Verfügung.

In Hessen wurden 2022 – ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs – insgesamt 36,4 Mill. t CO₂-Äquivalente emittiert. Der Großteil der Emissionen entfiel mit 33,2 Mill. t CO₂ bzw. 91,3 % auf den energie- und prozessbedingten CO₂-Ausstoß. Methan machte mit 4,3 % den nächstgrößten Anteil aus, gefolgt von Lachgas (2,3 %) und F-Gasen (2,1 %). Der Anteil von CH₄ hat sich mit einem Rückgang von 7,5 Prozentpunkten seit dem Basisjahr am stärksten verändert (Abbildung 16).

Abbildung 16 Struktur der Gesamtemissionen in Hessen in CO₂-Äquivalenten in den Jahren 1990 und 2022



Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; UGRdL; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; vorläufige Werte für 2022.

Gegenüber dem Vorjahr nahmen die Treibhausgasemissionen um fast 70 000 t CO₂äq bzw. 0,2 % geringfügig zu. Den Anstieg bestimmten höhere energiebedingte CO₂-Emissionen.

Eine starke Zunahme verzeichnete hierbei der Sektor der Energieerzeugung und -umwandlung. Dieser Sektor stieß 1,1 Mill. t CO₂ bzw. 17,8 % mehr aus als im Vorjahr. Dem lag, bedingt durch den Krieg in der Ukraine und der damit zusammenhängenden Erhöhung der Gaspreise, ein vorübergehender Mehreinsatz von Kohle bei der Stromerzeugung zugrunde. Im Verkehrssektor lag der Anstieg bei

150 000 t CO₂ bzw. 1,2 %. Der Ausstoß blieb hier jedoch 1,6 Mill. t bzw. 11,8 % unter dem Niveau von 2019, dem Jahr vor der Corona-Pandemie. Dem gegenüber standen im Vergleich der Jahre 2022 mit 2021 Rückgänge in den Sektoren „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ um 900 000 t CO₂ bzw. 8,1 % und der Industrie um 130 000 t CO₂ bzw. 4,4 %. Vor allem Ersterer reagierte auf das im Zusammenhang mit dem Krieg in der Ukraine gestiegene Preisniveau für Energieträger. Energiebedingte Emissionen stellen den Hauptteil der hessischen Treibhausgase dar und werden sowohl von witterungsbedingten als auch konjunkturellen Schwankungen beeinflusst. Die Emissionen werden hauptsächlich vom Straßenverkehr bzw. der Verwendung von Kraftstoffen auf Mineralölbasis, dem Wärmebedarf bzw. dem Einsatz von Heizöl und Erdgas sowie dem Energieträgermix der Stromerzeugung bestimmt.

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

Für das Berichtsjahr 2022 haben sich die Treibhausgasemissionen insgesamt im Vergleich zu 1990 um 29,6 % reduziert. Die Entwicklung der einzelnen Treibhausgase gegenüber dem Basisjahr ist unterschiedlich:

Kohlendioxid (CO ₂ , energiebedingt)	– 23,1 %,
Kohlendioxid (CO ₂ , prozessbedingt)	– 47,6 %,
Methan (CH ₄)	– 74,3 %,
Lachgas (N ₂ O)	– 24,1 %,
F-Gase	– 15,2 %.

Die Veränderungen der energiebedingten CO₂-Emissionen der einzelnen Sektoren seit dem Basisjahr sehen wie folgt aus:

Energieerzeugung/-umwandlung	+ 6,9 %,
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	– 32,3 %,
Verkehr	– 14,8 %,
Industrie	– 52,9 %.

Im Jahr 2020 waren die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990 insgesamt 30,9 % niedriger gewesen. Der damalige Rückgang an Emissionen hatte maßgeblich auf den Folgen der Corona-Pandemie, vor allem im Verkehrs- und Energiebereich, und der mildereren Witterung beruht. Im Jahr 2022 lagen die Treibhausgasemissionen 29,6 % niedriger als im Jahr 1990 und damit insgesamt auf einem höheren Niveau als im Jahr 2020.

Verwendete Abkürzungen

AK UGRdL	Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder
AK VGRdL	Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ äq	CO ₂ -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 (engl.) = Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft
Mill.	Million(en)
N ₂ O	Distickstoffoxid = Lachgas
NF ₃	Stickstofftrifluorid
NACE	Nomenclature générale des activités économiques dans les Communautés Européennes (franz.) = Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft
NID	National Inventory Document (engl.) = Nationaler Inventarbericht
NIR	National Inventory Report (engl.) = Nationaler Inventarbericht
PEV	Primärenergieverbrauch
SF ₆	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.
- Arbeitskreis Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder, www.statistikportal.de/de/etr.
- Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder, www.statistikportal.de/de/ugrdl.
- Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, www.statistikportal.de/de/vgrdl.
- 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 Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) (2023), „Klimaplan Hessen“, Wiesbaden.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2015), „Synthesis Report of the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change“, Genf, Schweiz.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2023), „Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change“, Genf, Schweiz.
- Institut Wohnen und Umwelt (IWU) (2023), „Berechnungswerkzeuge für EnEV und Energieberatung. Gradtagszahlen-Deutschland“, verfügbar unter <https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/energiebilanzen/#c205> [abgerufen am 10.10.2023].
- Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008).
- Länderarbeitskreis Energiebilanzen, www.lak-energiebilanzen.de.
- Statistisches Bundesamt, www.destatis.de.
- Umweltbundesamt (UBA) (2013), „Kyoto-Protokoll. Entstehungsgeschichte und erste Verpflichtungsperiode“, verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/internationale-eu-klimapolitik/kyoto-protokoll> [abgerufen am 30.09.2024].
- Umweltbundesamt (UBA) (2024a), „Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2022“, Dessau (Datenstand: 15.04.2024).
- Umweltbundesamt (UBA) (2024b), „Nationales Inventardokument zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2022“, Dessau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2024c), „Treibhauspotentiale (Global Warming Potential, GWP) ausgewählter Verbindungen und deren Gemische gemäß

Viertem (AR4) und Fünftem (AR5) IPCC Sachstandsbericht sowie Verordnung (EU) 2024/573 (F-Gas-VO) bezogen auf einen Zeitraum von 100 Jahren“, Dessau.

- United Nations Environment Programme and Climate and Clean Air Coalition (2021), „Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions“, Nairobi.
- Vos, Rösemann et al. (2022), „Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2020: Report on methods and data (RMD) Submission 2022“, Thünen Report 91, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- World Meteorological Organization (2023), „WMO Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin) - No. 19: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2022“, Genf.

Anhang

Anhang 1: Demographische und gesamtwirtschaftliche Entwicklung

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

Tabelle 13 Bevölkerung in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1990 bis 2022

Jahr	Hessen	Deutschland			Hessen im Vergleich zu	
		West ¹⁾	Ost ²⁾	Insgesamt	West-deutschland ¹⁾	Deutschland insgesamt
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
2015	6 135	65 640	16 046	81 687	9,3	7,5
2020	6 291	66 979	16 182	83 161	9,4	7,6
2021	6 294	67 040	16 156	83 196	9,4	7,6
2022	6 343	67 546	16 252	83 798	9,4	7,6

1) Ohne Berlin. – 2) Einschl. Berlin.
2022 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Statistisches Bundesamt; AK VGRdL (Berechnungsstand: August 2023).

Demnach lebten in Hessen im Jahr 2022 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 2 000 Personen. Bis 2010 ging die Bevölkerungszahl durchgehend um insgesamt knapp 60 000 Personen zurück. Von 2011 bis 2014 war wieder ein jährlicher Zuwachs von durchschnittlich 25 000 Personen zu verzeichnen. 2015 und 2016 wuchs die hessische Bevölkerung mit über 65 000 bzw. knapp 60 000 neuen Personen deutlich stärker als in den vorherigen Jahren. Diese Entwicklung schwächte sich ab 2017 wieder ab, bis 2021 wuchs die hessische Bevölkerung um durchschnittlich 20 000 Personen pro Jahr. Die höhere Bevölkerungszunahme um 49 000 Personen im Jahr 2022 ist unter anderem durch den Kriegsausbruch in der Ukraine beeinflusst. Im Vergleich zu 1990 wuchs die Bevölkerung in Hessen bis zum Jahr 2022 um fast 630 000 Personen bzw. 11,0 %.

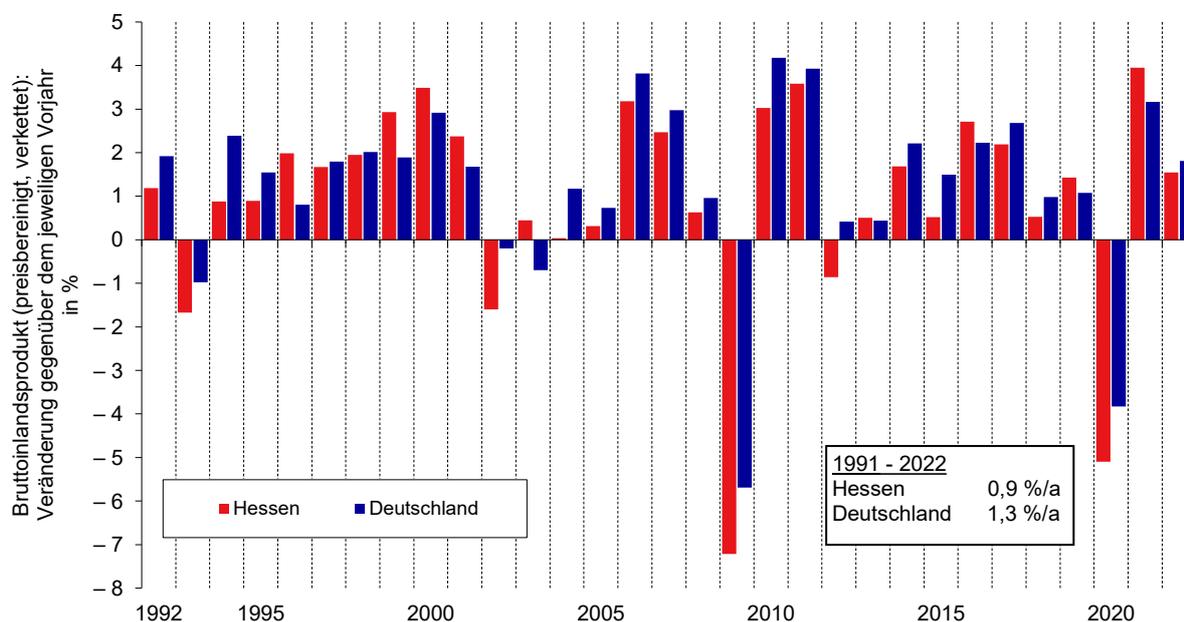
In Deutschland lag der Bevölkerungszuwachs 2022 gegenüber dem Basisjahr 1990 bei 5,6 %, wobei die Bevölkerung zwischen 2003 und 2011 um insgesamt 1,3 Mill. Personen zurückging. Von 2012 bis 2021 wuchs die Bevölkerung durchschnittlich um

290 000 Personen pro Jahr. 2015, 2016 und 2022 war das Bevölkerungswachstum mit 700 000, 660 000 bzw. 600 000 Personen deutlich größer.

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

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

Abbildung 17 Veränderung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt, verkettet) in Hessen und Deutschland von 1991 bis 2022



Quellen: Statistisches Bundesamt; AK VGRdL (Berechnungsstand: August 2023); Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; Fortschreibungsergebnisse für 2022.

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 Niveauekorrektur 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 in den letzten drei Jahrzehnten Schwankungen. Den stärksten Rückgang erlebte das hessische preisbereinigte BIP im Rahmen der Finanzkrise im Jahr 2009 (– 7,2 %). Danach folgten eine Erholung und von 2012 bis 2019 eine Phase mit reduziertem Wachstum von im Durchschnitt 1,1 % pro Jahr. Auf einen weiteren starken Rückgang im Jahr 2020 (– 5,1 %) folgte eine schwach ausgeprägte Erholungsphase. 2022 stieg das hessische BIP preisbereinigt um 1,5 % gegenüber dem Vorjahr. Im gesamten Zeitraum von 1991 bis 2022 stieg es um durchschnittlich 0,9 % pro Jahr.

In Deutschland stieg das preisbereinigte BIP 2022 gegenüber dem Vorjahr um 1,8 %. Die Wachstumsrate im gesamten Beobachtungszeitraum fiel auf Bundesebene mit durchschnittlich 1,3 % pro Jahr höher aus als in Hessen (Abbildung 17).

Das hessische BIP betrug im Jahr 2022 nominal 325,8 Milliarden Euro (Tabelle 14). Damit erreichte Hessen einen Anteil von 8,4 % am bundesdeutschen BIP (3 876,8 Milliarden Euro) – im Vergleich zu einem Bevölkerungsanteil von 7,6 %.

Tabelle 14 Bruttoinlandsprodukt in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1991 bis 2022

Jahr	Hessen	Deutschland			Hessen im Vergleich zu	
		West ¹⁾	Ost ²⁾	Insgesamt	West-deutschland ¹⁾	Deutschland insgesamt
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
2015	260 263	2 567 388	458 792	3 026 180	10,1	8,6
2020	287 825	2 868 062	535 668	3 403 730	10,0	8,5
2021	306 230	3 051 498	565 952	3 617 450	10,0	8,5
2022	325 836	3 262 550	614 260	3 876 810	10,0	8,4

1) Ohne Berlin. – 2) Einschließlich Berlin.
2022 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Statistisches Bundesamt; AK VGRdL (Berechnungsstand: August 2023).

Im Durchschnitt trug jede Hessin bzw. jeder Hesse im Jahr 2022 mit 51 000 Euro zum BIP bei, das sind 6,3 % mehr als der Durchschnittswert in Westdeutschland (Tabelle 15). Im Vergleich zu Ostdeutschland, wo das BIP pro Kopf bei durchschnittlich fast 38 000 Euro lag, waren es 35,9 % mehr. Der Bundesdurchschnitt von 46 000 Euro pro Kopf wurde um 11,0 % übertroffen. In den hohen Werten des BIP je Einwohnerin bzw. Einwohner spiegelt sich die im bundesdeutschen Vergleich überdurchschnittliche Wirtschaftskraft Hessens wider.

Tabelle 15 Bruttoinlandsprodukt je Einwohnerin bzw. Einwohner in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1991 bis 2022

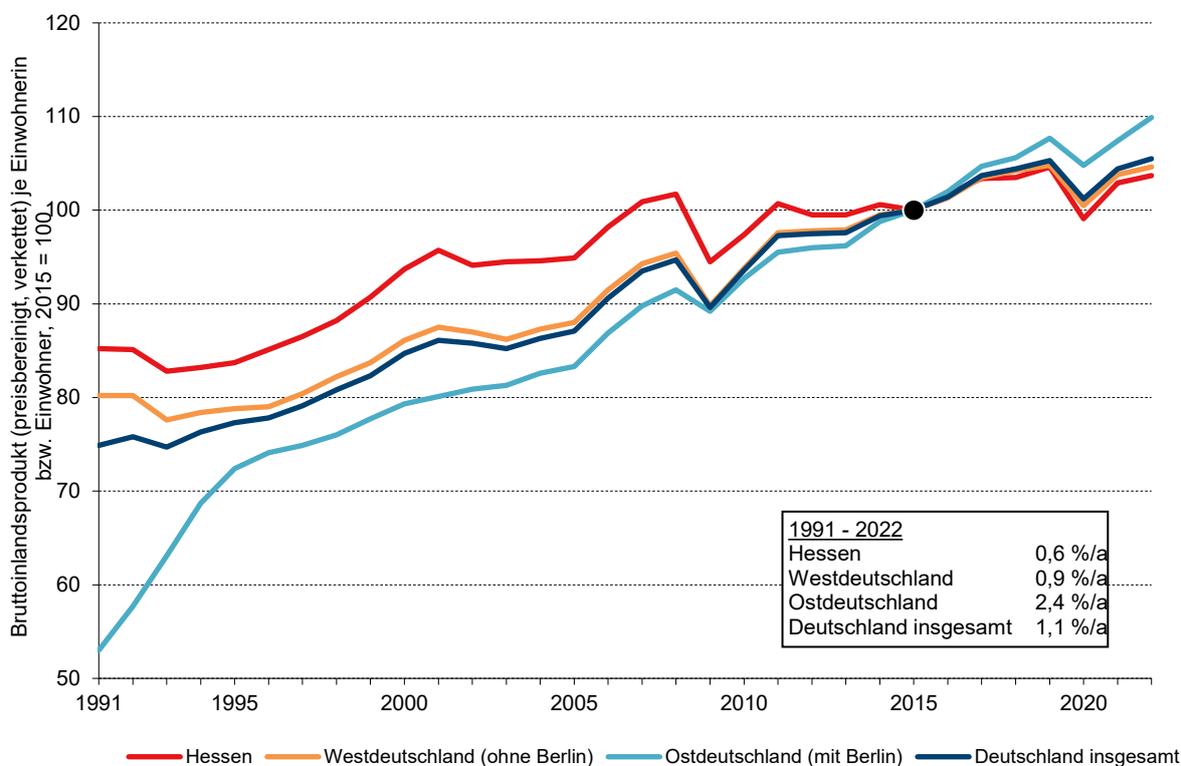
Jahr	Hessen	Deutschland			Hessen im Vergleich zu	
		West ¹⁾	Ost ²⁾	Insgesamt	West-deutschland ¹⁾	Deutschland insgesamt
Euro in jeweiligen Preisen je Einwohnerin bzw. Einwohner					%	
1991	25 924	22 767	9 758	19 829	113,9	130,7
1995	28 509	25 126	16 690	23 302	113,5	122,3
2000	32 195	27 840	18 556	25 892	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
2015	42 422	39 113	28 592	37 046	108,5	114,5
2020	45 755	42 820	33 103	40 929	106,9	111,8
2021	48 654	45 517	35 031	43 481	106,9	111,9
2022	51 368	48 301	37 796	46 264	106,3	111,0

1) Ohne Berlin. – 2) Einschließlich Berlin.
2022 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Statistisches Bundesamt; AK VGRdL (Berechnungsstand: August 2023).

Das preisbereinigte BIP pro Kopf wuchs von 1991 bis 2022 in Hessen mit durchschnittlich 0,6 % pro Jahr langsamer als im Bund (1,1 %, Abbildung 18). Darin kommt neben dem auf Bundesebene zwischenzeitlich etwas stärkeren Bevölkerungsrückgang auch das stärkere Wirtschaftswachstum in Ostdeutschland in der ersten Hälfte der neunziger Jahre zum Ausdruck, die sich von einem weit geringeren Niveau ausgehend entwickelten. Doch auch im Vergleich mit den übrigen Ländern des früheren Bundesgebietes (durchschnittlich 0,9 %; ohne Berlin) wuchs die wirtschaftliche Leistung in Hessen im Betrachtungszeitraum weniger stark.

Abbildung 18 Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt, verkettet) pro Kopf in Hessen, West- und Ostdeutschland sowie Deutschland insgesamt von 1991 bis 2022



Quellen: Statistisches Bundesamt, AK VGRdL (Berechnungsstand: August 2023); Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; Fortschreibungsergebnisse für 2022.

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 2022 war der Wirtschaftsbereich „Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleister, Grundstücks- und Wohnungswesen“ mit 32,6 % an der Bruttowertschöpfung der hessischen Wirtschaftsbereiche beteiligt. In Deutschland besaß dieser Wirtschaftsbereich einen Anteil von 25,2 %.

Der Wirtschaftsbereich „Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation“ spielte in Hessen u. a. wegen des Frankfurter Flughafens als internationalem Luftverkehrsdrehkreuz mit einem Anteil von 24,5 % eine größere Rolle als auf Bundesebene (21,9 %). Dagegen fiel der Beitrag des Wirtschaftsbereichs „Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung, Gesundheit“ zur Bruttowertschöpfung in Hessen mit 19,5 % niedriger aus als in Deutschland (22,2 %). Das Produzierende Gewerbe hatte in Hessen mit 18,3 % ein deutlich geringeres gesamtwirtschaftliches Gewicht als auf Bundesebene (24,0 %). Das Baugewerbe trug zu 4,8 % und die Landwirtschaft zu 0,4 % zur hessischen Bruttowertschöpfung bei (5,7 % bzw. 1,0 % in Deutschland).

Tabelle 16 Struktur der Bruttowertschöpfung in Hessen und Deutschland von 1991 bis 2022 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
2015	100	0,4	20,6	3,8	23,3	32,8	19,1
2020	100	0,3	19,0	4,4	23,0	33,0	20,3
2021	100	0,3	19,3	4,4	23,1	33,1	19,7
2022	100	0,4	18,3	4,8	24,5	32,6	19,5
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
2015	100	0,8	25,6	4,6	20,4	26,7	22,0
2020	100	0,8	24,0	5,4	20,6	26,0	23,1
2021	100	0,8	24,6	5,2	20,8	25,9	22,6
2022	100	1,0	24,0	5,7	21,9	25,2	22,2

2022 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Statistisches Bundesamt; AK VGRdL (Berechnungsstand: August 2023).

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 2022 betrug der Unterschied zwischen diesen beiden Wirtschaftsbereichen 14,3 Prozentpunkte.

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

Tabelle 17 Zahl der Erwerbstätigen in Hessen und Deutschland von 1991 bis 2022 nach Wirtschaftsbereichen

Jahr	Erwerbs- tätige insgesamt	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe	Baugewerbe	Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation	Finanz-, Versicherungs- und Unternehmens- dienstleister, 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
2015	3 341	0,9	16,2	5,2	27,3	20,6	29,7
2020	3 504	0,7	15,1	5,5	27,5	20,7	30,4
2021	3 511	0,7	14,8	5,6	27,2	20,9	30,8
2022	3 558	0,7	14,6	5,5	27,3	21,0	30,9
	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
2015	43 122	1,5	18,7	5,6	25,7	17,3	31,2
2020	44 915	1,3	18,2	5,8	25,4	17,1	32,2
2021	44 984	1,2	17,9	5,8	25,2	17,1	32,7
2022	45 596	1,2	17,8	5,8	25,4	17,1	32,7

Quellen: Arbeitskreis Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder (Berechnungsstand: Mai 2024).

Die auf den tertiären Sektor ausgerichtete Wirtschaftsstruktur Hessens spiegelt sich auch in der Struktur der Erwerbstätigkeit wider. 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). Die Ergebnisse der Generalrevision 2019 sind in der Treibhausgasbilanz berücksichtigt. Durch die Revisionen kann es zu geringfügigen Veränderungen bei der Gesamtzahl und der sektoralen Struktur der Erwerbstätigen kommen.

2022 waren in Hessen in den Bereichen „Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation“ sowie bei „Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleistern und im Grundstücks- sowie Wohnungswesen“ zusammen 48,3 % der insgesamt fast 3,6 Millionen Erwerbstätigen beschäftigt. Für Deutschland kamen diese beiden Wirtschaftsbereiche auf einen Anteil von 42,5 %.

Im Jahr 2022 waren 30,9 % der hessischen Erwerbstätigen im Bereich „Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung, Gesundheit“ beschäftigt, auf Bundesebene waren es 32,7 %. Das Produzierende Gewerbe machte in Hessen 14,6 % der

Erwerbstätigen aus, im Bundesgebiet lag der Anteil 3,2 Prozentpunkte höher. Die Beschäftigtenanzahl in Landwirtschaft und Baugewerbe war in Hessen und auf Bundesebene von vergleichsweise 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 CO₂-Intensitäten als Indikator für die Emissionsentwicklung unter Berücksichtigung verschiedener wirtschaftlicher und demographischer Bezugsgrößen verwendet. So kann z. B. abgebildet werden, wie viel CO₂ pro Einwohnerin bzw. Einwohner, je verbrauchter Einheit Energie oder je erzeugter Einheit Wirtschaftsleistung emittiert wird.

Kettenindex

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

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

Netto-Emissionen

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

Preiskonzept

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

Primärenergieverbrauch

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

Tertiärer Sektor

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

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

Umwandlung

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

Umweltökonomische Gesamtrechnungen

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

Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen

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

HESSEN



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

Mainzer Straße 80
65189 Wiesbaden