

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

HESSEN



# Treibhausgasbilanz für das Land Hessen

## Bilanzjahr 2015



erstellt vom Hessischen Statistischen Landesamt

Januar 2018



## Copyright

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, 2018

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

## Autoren

Tim André, Hessisches Statistisches Landesamt

Janine Dubois, Hessisches Statistisches Landesamt

## Zeichenerklärungen

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

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

---

## Inhalt

Zusammenfassung .....	8
Hessische Treibhausgasbilanz Auftrag und methodische Hinweise.....	9
Vorbemerkungen .....	11
1 Energiebedingte Kohlendioxidemissionen.....	13
1.1 Methode der Bilanzierung energiebedingter Kohlendioxidemissionen.....	13
1.2 Die energiebedingten Kohlendioxidemissionen im Überblick (Quellenbilanz) .....	15
1.3 Sektoraler Vergleich der energiebedingten Emissionen zwischen Hessen und Deutschland .....	20
1.4 Indikatoren zur Entwicklung der energiebedingten Kohlendioxidemissionen (aus der Quellenbilanz).....	23
1.5 Verursacherbezogene Kohlendioxidemissionen.....	28
2 Kohlendioxidemissionen aus Industrieprozessen.....	32
2.1 Ermittlung prozessbedingter Kohlendioxidemissionen .....	32
2.2 Prozessbedingte Kohlendioxidemissionen bei der Herstellung von Zementklinker .....	34
2.3 Prozessbedingte Kohlendioxidemissionen bei der Herstellung von Kalk.....	35
2.4 Prozessbedingte Kohlendioxidemissionen bei der Herstellung von Glas .....	36
2.5 Prozessbedingte Kohlendioxidemissionen bei der Herstellung von Ammoniak.....	36
2.6 Prozessbedingte Kohlendioxidemissionen bei der Herstellung von Mauer- und Dachziegeln.....	37
2.7 Prozessbedingte Kohlendioxidemissionen bei der Herstellung von Ruß (Industrieruß) .....	38
3 Methanemissionen .....	39
3.1 Methode zur Ermittlung der Methanemissionen und Berechnungsstand.....	39
3.2 Die Methanemissionen im Einzelnen.....	41
4 Lachgasemissionen.....	45
4.1 Methode zur Ermittlung der Lachgasemissionen.....	45
4.2 Die Lachgasemissionen im Einzelnen .....	45

---

5	Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF).....	49
6	Schlussbetrachtung.....	51
	Verwendete Abkürzungen.....	55
	Quellenverweis.....	56
	Anhang.....	58
	Anhang 1: Demographische und gesamtwirtschaftliche Entwicklung.....	59
	Anhang 2: Glossar.....	66

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2015 nach Sektoren.....	17
Tabelle 2	Struktur der CO <sub>2</sub> -Emissionen der Industrie in Hessen im Jahr 2015.....	20
Tabelle 3	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2015.....	22
Tabelle 4	Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen bezogen auf Einwohner, Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch in Hessen und Deutschland von 1990 bzw. 1991 bis 2015.....	24
Tabelle 5	Effektive CO <sub>2</sub> -Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen im Jahr 2014 und 2015.....	29
Tabelle 6	Entwicklung der prozessbedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2015.....	33
Tabelle 7	Methanemissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2015.....	42
Tabelle 8	Entwicklung der Methanemissionen in Hessen von 1990 bis 2015.....	43
Tabelle 9	Lachgasemissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2015.....	46
Tabelle 10	Entwicklung der Lachgasemissionen in Hessen von 1990 bis 2015.....	48
Tabelle 11	Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft in Hessen von 1990 bis 2015.....	49
Tabelle 12	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2015 nach Sektoren (Auszug aus Tabelle 1).....	51
Tabelle 13	Entwicklung der Emissionen in Hessen in CO <sub>2</sub> -Äquivalenten von 1990 bis 2015.....	52
Tabelle 14	Entwicklung der Bevölkerung in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1990 bis 2015.....	59
Tabelle 15	Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2015.....	61
Tabelle 16	Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes je Einwohner in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2015.....	62
Tabelle 17	Struktur der Bruttowertschöpfung in Hessen und in Deutschland nach Wirtschaftsbereichen von 1991 bis 2015.....	64
Tabelle 18	Zahl der Erwerbstätigen in Hessen und in Deutschland nach Wirtschaftsbereichen von 1991 bis 2015.....	65

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2015 .....	16
Abbildung 2	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2015 nach Sektoren.....	18
Abbildung 3	Entwicklung der sektoralen Struktur der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2015.....	21
Abbildung 4	Abweichungen der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen bezogen auf Einwohner, Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch in Hessen von den Werten in Deutschland von 1990 bzw. 1991 bis 2015 .....	27
Abbildung 5	Quellen- und verursacherbezogene CO <sub>2</sub> -Emissionen der Hauptemissionssektoren in Hessen im Jahr 2015 .....	28
Abbildung 6	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen von 1990 bis 2015.....	30
Abbildung 7	Verursacherbezogene CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen im Jahr 2015 (Sankey-Diagramm) .....	31
Abbildung 8	Entwicklung der prozessbedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2015.....	34
Abbildung 9	Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Zementklinkerherstellung.....	34
Abbildung 10	Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Kalkherstellung .....	35
Abbildung 11	Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Glasherstellung .....	36
Abbildung 12	Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Ammoniakherstellung .....	37
Abbildung 13	Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Ziegelherstellung.....	37
Abbildung 14	Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Rußherstellung.....	38
Abbildung 15	Entwicklung der Struktur der Methanemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2015 .....	44
Abbildung 16	Entwicklung der Struktur der Lachgasemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2015 .....	47
Abbildung 17	Entwicklung der Struktur der Gesamtemissionen in Hessen in CO <sub>2</sub> -Äquivalenten in den Jahren 1990 und 2015.....	53
Abbildung 18	Veränderung des Bruttoinlandsproduktes in Hessen und in Deutschland von 1992 bis 2015.....	60
Abbildung 19	Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt, verkettet) je Einwohner in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2015 .....	63

## Zusammenfassung

Die Hessische Treibhausgasbilanz (Bilanzjahr 2015) gibt einen Überblick über die Emissionen der mengenmäßig bedeutendsten Klimagase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) für das Bundesland Hessen. Hierbei werden die Emissionen nach den jeweiligen Emissionssektoren aufgeschlüsselt und ab dem Jahr 1990 wiedergegeben.

Bei einer zusammenfassenden Betrachtung aller drei Klimagase werden die Emissionsdaten auf Basis von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten dargestellt, indem die Methan- und Lachgasmengen mit dem „Global Warming Potential“ (GWP) entsprechend der Höhe ihres klimawirksamen Potentials gewichtet werden. Die nachstehende Tabelle zeigt die Emissionsmengen für Hessen im Zeitraum 1990 bis 2015.

### Entwicklung der Emissionen in Hessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten von 1990 bis 2015

Treibhausgas	Chemische Formel	GWP	1990	1995	2000	2010	2014	2015 <sup>1)</sup>	1990/2015
			Menge in 1000 t CO <sub>2</sub> -Äquivalenten						Veränderung in %
Kohlendioxid	CO <sub>2</sub>	1	43 658	47 914	45 490	39 318	34 553	36 655	- 16,0
Energiebedingt <sup>2) 3)</sup>	CO <sub>2</sub>	1	42 638	47 019	44 522	38 625	33 974	36 065	- 15,4
Prozessbedingt	CO <sub>2</sub>	1	1 020	895	968	693	579	590	- 42,2
Methan <sup>3)</sup>	CH <sub>4</sub>	25	5 569	4 979	3 767	2 443	2 212	2 155	- 61,3
Lachgas <sup>3)</sup>	N <sub>2</sub> O	298	1 570	1 499	1 557	1 205	1 639	1 622	3,3
<b>Insgesamt</b>			<b>50 798</b>	<b>54 392</b>	<b>50 814</b>	<b>42 965</b>	<b>38 404</b>	<b>40 432</b>	<b>- 20,4</b>

1) Vorläufige Werte. – 2) Ohne nichtenergetischen Verbrauch. – 3) Ohne internationalen Luftverkehr.

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

Die wichtigsten Ergebnisse (jeweils bezogen auf das Jahr 2015) sind:

- In Hessen wurden 40,4 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert.
- Hierbei machte Kohlendioxid 90,7 % des Emissionsgeschehens aus; auf Methan entfielen 5,3 % sowie auf Lachgas 4,0 % der CO<sub>2</sub>-Äquivalente.
- Die Emissionen der Treibhausgase gingen insgesamt seit 1990 um rund 20,4 % zurück: Der Rückgang betrug bei Kohlendioxid 16,0 %, bei Methan sogar 61,3 %. Der Ausstoß von Lachgas hat hingegen gegenüber dem Jahr 1990 um 3,3 % zugenommen.

Bezieht man die energiebedingten Kohlendioxidemissionen auf die Anzahl der Einwohner bzw. das Bruttoinlandsprodukt in Hessen, lässt sich Folgendes festhalten:

- Beide spezifischen Emissionswerte haben in den letzten beiden Jahrzehnten deutlich abgenommen.
- Die hessischen Pro-Kopf-Emissionen lagen im Jahr 2015 um mehr als ein Drittel niedriger als im Bund.
- Das Bruttoinlandsprodukt 2015 wurde in Hessen im Vergleich zu Deutschland mit einem um 44 % niedrigeren CO<sub>2</sub>-Ausstoß erwirtschaftet.



## Hessische Treibhausgasbilanz

### Auftrag und methodische Hinweise

Die Treibhausgasbilanz für das Land Hessen für das Bilanzjahr 2015 wurde im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz erstellt. Der Bericht enthält darüber hinaus vergleichende Betrachtungen für den Zeitraum von 1990 bis 2015.

Mit den Emissionen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) werden für Hessen die wichtigsten Stoffe des Kyoto-Protokolls dargestellt. Es ist davon auszugehen, dass sie, wie für die Bundesrepublik im Nationalen Inventarbericht (National Inventory Report, NIR) 2017 insgesamt dargestellt, auch in Hessen rund 98 % der direkt klimawirksamen Emissionen (in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) ausmachen. Die übrigen Kyoto-Gase – wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW) und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) – waren 2015 auf Bundesebene lediglich zu etwa 1,7 % an den gesamten Emissionen beteiligt. Gemäß den Vereinbarungen zur zweiten Verpflichtungsperiode unter dem Kyoto-Protokoll (2013 bis 2020) ist auch Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>) zu erfassen. Diese restlichen vier Stoffgruppen werden zu einem späteren Zeitpunkt einbezogen, da derzeit keine länderspezifischen Daten im statistischen System vorliegen. Ein hierfür notwendiges Modell – analog zum deutschen Erfassungssystem für den Nationalen Inventarbericht – muss noch entwickelt werden.

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

Die Bilanzierung des Kohlendioxids erfolgt für Energieerzeugungs- und Produktionsprozesse. Grundlage für die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen ist die Energiebilanz des Landes, die vom Hessischen Statistischen Landesamt im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung jährlich erstellt wird. Zusätzlich werden die Emissionsmengen für ausgewählte Produktionsprozesse berechnet. Für beide Berechnungsfelder werden die Methoden des Länderarbeitskreises Energiebilanzen angewendet. Die Berechnungen zu den Methan- und Lachgasemissionen erfolgen im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder nach der dort festgelegten, für alle Bundesländer einheitlichen Methode. Bei allen Berechnungsfeldern wird weitgehend analog zur Methode vorgegangen, die das Umweltbundesamt bei der Erstellung des Nationalen Inventarberichts im Rahmen der Berichterstattung unter der UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC) einsetzt. Die methodischen Grundlagen für die Berechnungsfelder werden den Mitgliedern des Länderarbeitskreises Energiebilanzen und des Arbeitskrei-

ses „Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder“ (UGRdL) jeweils zur Verfügung gestellt.

Für die Treibhausgasbilanzen und für die wirtschaftlichen Bezugsgrößen gilt das Inlandsprinzip. Das bedeutet auch, 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 Flugverkehrs dienen, wird in einem zweiten Schritt analog zu den für Deutschland angewendeten Anteilen eine Aufteilung in national und international verursachte Emissionen vorgenommen.

Seit 2007 legt das Hessische Statistische Landesamt jährlich eine Treibhausgasbilanz vor, die die hessischen Emissionen von Kohlendioxid, Methan und Lachgas umfasst. Als Basisjahr für die Treibhausgasemissionen wurde analog zur internationalen Berichterstattung ab diesem Berichtsjahr einheitlich 1990 gewählt. Dazu war es erforderlich, die für die Jahre 1990 bis 1994 nicht verfügbaren prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen anhand der Zeitreihe zu extrapolieren.

Um eine möglichst aktuelle Berichterstattung zu erreichen, wurden für das Berichtsjahr 2015 Schätzungen für die Klimagase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O durchgeführt. Grundlage hierfür bilden Daten der amtlichen Statistik sowie eine Reihe externer Quellen. Die verwendete Methodik orientiert sich größtenteils an der auf Bundesebene im NIR 2017 beschriebenen Vorgehensweise.

Der Bericht zur Treibhausgasbilanz gliedert sich in fünf Kapitel. Das *erste* Kapitel führt die Analysen des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung im Rahmen der früheren Energieberichterstattung der Hessischen Landesregierung fort und gibt neben methodischen Erläuterungen einen Überblick über die Entwicklung und die Struktur der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und in Deutschland. Ergänzt wird die Darstellung um Indikatoren zur Entwicklung dieses bedeutendsten Teils des Emissionsgeschehens sowie um eine verursacherbezogene Betrachtung. Gegenstand des *zweiten* Kapitels sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrieprozesse. Es geht auf die einzelnen für Hessen relevanten Prozesse ein. Das *dritte* und *vierte* Kapitel befassen sich mit Methan- bzw. Lachgasemissionen. Der Methodenbeschreibung folgt jeweils eine Gegenüberstellung der hessischen und der gesamtdeutschen Entwicklung. Kapitel *fünf* gibt einen kurzen Überblick über die Emissionen, die in Hessen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) entstehen. Das *sechste* Kapitel enthält zum Abschluss eine Gesamtbeurteilung der Treibhausgasemissionen in Hessen, dargestellt in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Im Anhang werden Faktoren wie Bevölkerungsentwicklung und gesamtwirtschaftliches Wachstum beleuchtet, die die Beurteilung der Emissionsentwicklung, insbesondere bei den Indikatoren, erleichtern.

## Vorbemerkungen

Mit der fortschreitenden Industrialisierung verändert sich der globale Stoffhaushalt der Atmosphäre deutlich. Als Folge menschlicher Aktivitäten ist die CO<sub>2</sub>-Konzentration seit Beginn der industriellen Revolution weltweit um 43 % gestiegen. Die Methankonzentration hat sich um 150 % erhöht und die von Lachgas ist um 20 % gewachsen (NIR 2017). Weitere Treibhausgase, die überwiegend nicht aus natürlichen, sondern aus synthetischen Quellen stammen, werden durch den Einsatz und die Verwendung von FCKW, Halonen, FKW, HFKW, SF<sub>6</sub> sowie NF<sub>3</sub> an die Atmosphäre abgegeben (NIR 2017). Als gesicherte wissenschaftliche Erkenntnis gilt mittlerweile, dass der Treibhauseffekt und die daraus resultierende Klimaerwärmung überwiegend anthropogen, das heißt durch menschliches Handeln, verursacht sind. Das bestätigt der Fünfte Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen des IPCC (IPCC 2013) zum wiederholten Mal. Auf der Basis dieser Feststellungen hat die internationale Gemeinschaft in einem langen Prozess Ziele und Strategien zur Begrenzung der globalen Erderwärmung formuliert.

Auf der Klimakonferenz von Kyoto (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, die im Rahmen der Lastenteilung zwischen den Mitgliedstaaten aufgeteilt wurden. Daraus resultierend verpflichtete sich Deutschland völkerrechtsverbindlich, die nationalen Treibhausgasemissionen – als die zusammengefassten Emissionen von CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O sowie HFKW, FKW und SF<sub>6</sub> – bis 2008/2012 um 21 % gegenüber dem Basisjahr 1990 (bzw. 1995) zu reduzieren.

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. Die Bundesrepublik Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 % gegenüber dem Basisjahr 1990 zu reduzieren. Bis zum Jahr 2050 ist darüber hinaus eine Verminderung der Treibhausgasemissionen von 80 bis 95 % angestrebt (BMUB 2016).

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

Vor diesem Hintergrund ist es nicht nur von Interesse, wie sich die Treibhausgasemissionen in der gesamten Volkswirtschaft entwickeln. Auch die Kenntnis der regionalen Veränderungen gibt wichtige Aufschlüsse über die Gesamtentwicklung. Deshalb ist die jährliche Treibhausgasbilanzierung im Bundesland Hessen folgerichtig

und wegen des wachsenden Interesses der Öffentlichkeit sowie der Politik auch notwendig. Die Ergebnisse fließen nicht nur ein in die Bewertung der im *Integrierten Klimaschutzplan Hessen 2025* festgelegten Ziele, sondern sind darüber hinaus Bestandteil des Indikatorensets der Hessischen Nachhaltigkeitsstrategie (HSL 2016).

# 1 Energiebedingte Kohlendioxidemissionen

## 1.1 Methode der Bilanzierung energiebedingter Kohlendioxidemissionen

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

In Deutschland hat sich der (relative) Beitrag der Energieumwandlungsprozesse in den letzten Jahren sukzessive erhöht, da die Emissionen der anderen Treibhausgase, insbesondere in der Landwirtschaft und Abfallbeseitigung, überdurchschnittlich abgenommen haben. So wird in der nationalen Emissionsberichterstattung (Nationale Trendtabellen des Umweltbundesamts, Stand: Januar 2017) ausgewiesen, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe für das Jahr 2015 bezogen auf die Gesamtemissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten knapp 82 % der klimawirksamen Emissionen ausmachten.

Grundlage für die Berechnungen der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bildet die Energiebilanz des Landes, die vom Hessischen Statistischen Landesamt im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung jährlich erstellt wird.

Die Bilanzierung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Länder erfolgt nach einer im Länderarbeitskreis Energiebilanzen zwischen den beteiligten Ländern abgestimmten Methodik. Genutzt werden spezifische, auf den Heizwert eines Energieträgers bezogene CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren, die nach Energieträgern und Einsatzbereichen differenziert vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt werden. Es werden die gleichen Emissionsfaktoren verwendet, die auch zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Rahmen des nationalen Berichtssystems zum Kyoto-Protokoll dienen. Herangezogen werden die in den Energiebilanzen ausgewiesenen Verbrauchsmengen, die mit den energieträgerbezogenen spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren verknüpft werden. Die einheitliche Methode gewährleistet damit die unmittelbare Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen Bundes- und Landesebene sowie auch mit anderen Bundesländern.

In der Energiebilanz werden Aufkommen, Umwandlung und Verwendung von Energieträgern in der Volkswirtschaft oder in einem Wirtschaftsraum für einen bestimmten Zeitraum möglichst lückenlos und detailliert dargestellt. Sie enthält auch Aussagen über den nichtenergetischen Verbrauch ausgewählter Brennstoffe, der jedoch für die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung keine Rolle spielt. Zum Beispiel werden Energieträger wie Rohöl, Schweröl oder Erdgas in der chemischen Industrie als Rohstoff eingesetzt. Da sie dabei nicht in Energie umgewandelt werden, sondern vollständig in die Produkte ein-

gehen, tragen sie nicht zum energiebedingten CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei. Diese „Rohstoffmengen“ werden deshalb nicht mit Emissionsfaktoren bewertet. Gleichwohl sind sie jedoch für die Energiebilanz als Verbrauch an Brennstoffen von Interesse. Biogene Energieträger, wie Brennholz, Klärgas oder Biotreibstoffe gelten als CO<sub>2</sub>-neutral, da man davon ausgeht, dass biologisch bereits gebundenes CO<sub>2</sub> lediglich in den Naturkreislauf zurückgegeben wird.

Die Emissionsberechnungen erfolgen 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 stattfindet. 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 Darstellung 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 des Berichtes wurde die Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008), basierend auf der europäischen NACE, Rev. 2, verwendet.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors werden nach der allgemeinen Methode der Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung des Länderarbeitskreises Energiebilanzen anhand der an den einzelnen Standorten der jeweiligen Region vertankten Kraftstoffe ermittelt. Um der exponierten Stellung des Frankfurter Flughafens gerecht zu werden, wird der internationale Luftverkehr bei der Untersuchung des hessischen Verkehrssektors nicht einbezogen. Nur auf diese Weise sind Vergleiche mit Deutschland möglich, da die hier aus der nationalen Inventarberichterstattung übernommenen Werte den internationalen Teil des (Luft-)Verkehrs ebenfalls nicht berücksichtigen. Die Emissionen des gesamten, dem Land Hessen zugerechneten Luftverkehrs werden dabei analog zu den beim Umweltbundesamt verwendeten Prozentanteilen in einen „nationalen“ und einen „internationalen“ Anteil aufgeteilt<sup>1</sup>. Die Emissionen des internationalen Luftverkehrs werden also, wie für Deutschland üblich, nur nachrichtlich ausgewiesen.

---

<sup>1</sup> 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. Deutschlandweit sanken sie von 15,6 % im Jahr 1990 auf 8,2 % im Jahr 2014 und 2015 (NIR 2017:208).

Im vorliegenden Bericht wurden landesspezifische Werte auf Grundlage von Berechnungen des Arbeitskreises Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder verwendet. Für das Berichtsjahr 2015 liegt noch kein landesspezifischer Splitfaktor für den nationalen und internationalen Luftverkehr vor, sodass die Berechnungen mithilfe einer Schätzung durchgeführt wurden. Die für Hessen anzusetzenden Anteilswerte nahmen von 7,7 % (1990) auf 4,5 % (2015) ab.

Bei der 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 nachgewiesen. Die tatsächlichen Emissionen, die sich aus den grenzüberschreitenden Stromlieferungen bzw. -bezügen ergeben, können also in der Quellenbilanz nicht dargestellt werden. Die durch hessische Stromverbraucher verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden hier also tendenziell unterschätzt, da der Strombedarf in Hessen die Erzeugung auf dem Landesgebiet übertrifft.

Die Quellenbilanz ermöglicht Aussagen über die Gesamtmenge des im Land emittierten CO<sub>2</sub>. Wegen des Stromaustauschs sind jedoch keine direkten Rückschlüsse auf das Verbrauchsverhalten der Endenergieverbraucher und den dadurch verursachten Beitrag zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Landes möglich. Erst bei der Verursacherbilanz werden die Emissionen auf den Endenergieverbrauch eines Landes bezogen. Im Unterschied zur Quellenbilanz werden hierbei die Emissionen des Umwandlungsbereichs nicht als solche ausgewiesen, sondern nach dem Verursacherprinzip den sie verursachenden Endverbrauchersektoren zugeordnet. Beim 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 hergestellt 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.

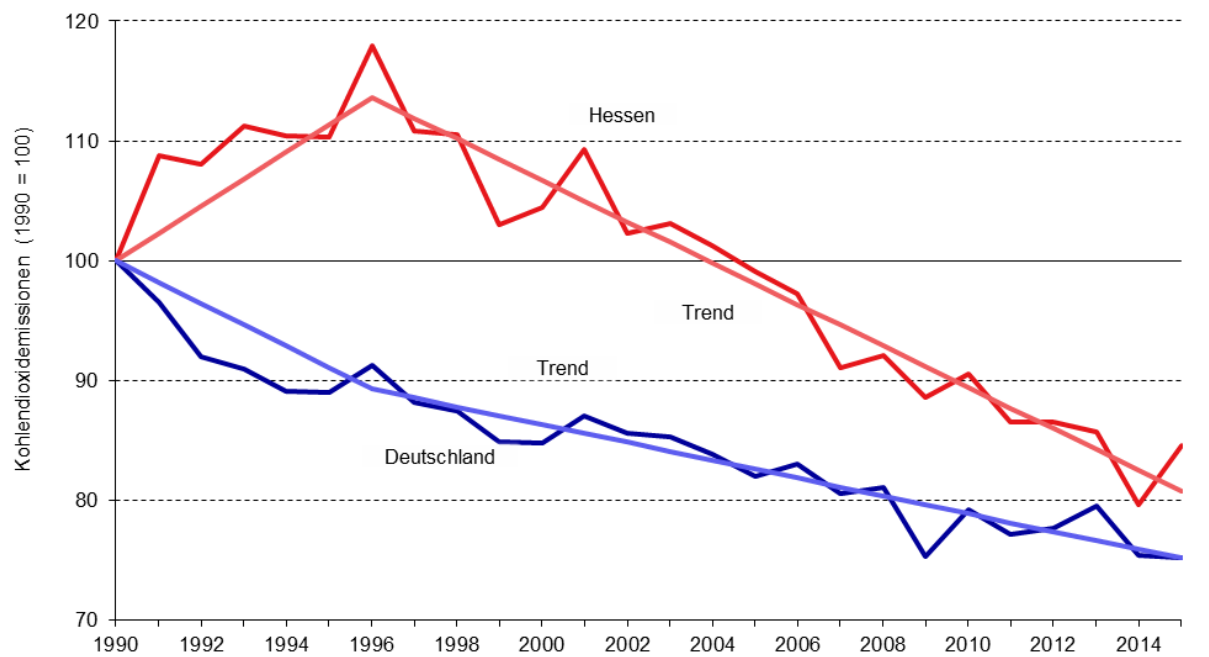
## **1.2 Die energiebedingten Kohlendioxidemissionen im Überblick (Quellenbilanz)**

Im Jahr 2015 wurden in Hessen energiebedingt – ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs – insgesamt 36,1 Mill. t CO<sub>2</sub> emittiert. Das entsprach gegenüber 2014 einem Anstieg um 2,1 Mill. t CO<sub>2</sub> (+ 6,2 %). Seit 2005 liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen unter dem Wert des Basisjahres 1990. Die Verminderung für 2015 gegenüber 1990 betrug 6,6 Mill. t CO<sub>2</sub> oder 15,4 %.

Seit 1990 verlief die Entwicklung der hessischen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den stationären und mobilen Verbrennungsprozessen in zwei Phasen. So wuchsen die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in den ersten sechs Jahren des Betrachtungszeitraums beträchtlich an. Im Jahre 1996 erreichten die Gesamtemissionen in Hessen mit 50,3 Mill. t ihren absoluten Höchstwert. Sie lagen damit um 17,9 % über denen des Referenzjahres 1990. Seitdem kam es, wenn auch bei einigen Schwankungen, zu

einer deutlichen Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Im Vergleich zu 1996 sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen im Jahr 2015 um 14,2 Mill. t oder 28,3 % gesunken.

**Abbildung 1 Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2015**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Umweltbundesamt, NIR 2017; Berechnungen des Hessischen Statistisches Landesamts; hessischer Wert für 2015 vorläufig.

In Deutschland erreichten die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2015 eine Höhe von 744 Mill. t. Sie waren damit 0,4 % niedriger als ein Jahr zuvor. Im Vergleich zum Basisjahr 1990 verminderten sie sich um insgesamt 24,8 %. Dabei wurde die stärkste Gesamtminderung in der ersten Hälfte der neunziger Jahre erreicht. So waren die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland schon im Jahre 1995 um 11 % geringer als 1990 (Abbildung 1). Hauptgrund war die überdurchschnittliche Verminderung der Emissionen in den neuen Bundesländern hervorgerufen durch den wirtschaftlichen Strukturwandel nach der Wiedervereinigung. In den alten Bundesländern hatten sie sich zwischen 1990 und 1995 sogar etwas erhöht.

Tabelle 1 und Abbildung 2 zeigen die absolute Höhe und die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den einzelnen Sektoren. Im Jahr 2015 emittierte der hessische Energiesektor 7,4 Mill. t CO<sub>2</sub>. Im Vergleich zu 1990 legte der Sektor damit um 580 000 t (+ 8,4 %) zu. Bis zur Mitte der neunziger Jahre war der Energiesektor in Hessen besonders gewachsen. Durch Zubauten im Kraftwerkspark bzw. durch den vermehrten Einsatz von Kohle, Gas und Hausmüll, dessen fossile Anteile CO<sub>2</sub>-wirksam sind, erhöhten sich die hessischen CO<sub>2</sub>-Emissionen hier zwischen 1990 und 1998 um gut die Hälfte auf 10,5 Mill. t. In den darauf folgenden Jahren unterschritten sie bis 2013 nur ein Mal knapp das Niveau von 9 Mill. t (2009). Seitdem liegen die Emissionen aus dem Energieerzeugungssektor jedoch konstant unter diesem Wert.



**Tabelle 1 Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2015 nach Sektoren**

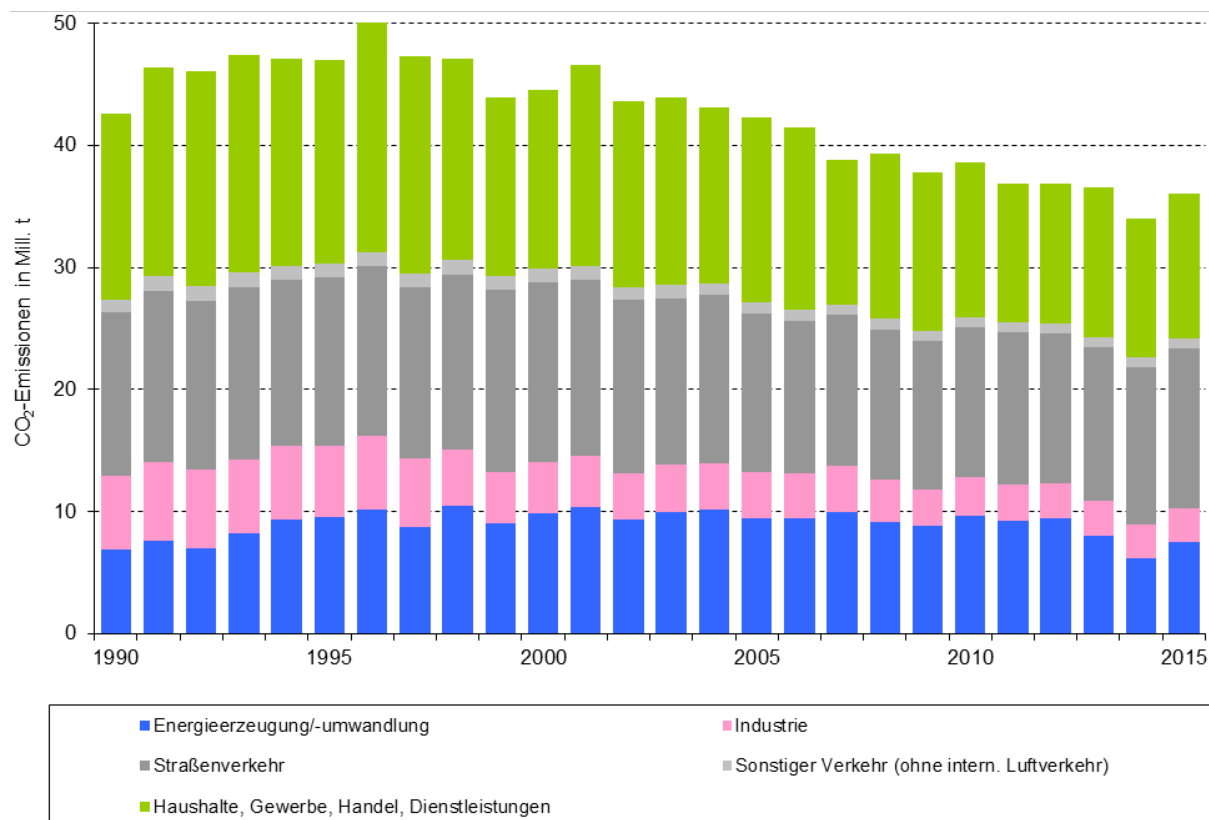
Emissionssektor	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015 <sup>1)</sup>
	CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mill. t						
Energieerzeugung/-umwandlung	6,9	9,5	9,8	9,5	9,6	6,2	7,4
Industrie	6,1	5,8	4,3	3,8	3,2	2,8	2,8
Verkehr	14,4	15,0	15,9	13,9	13,1	13,7	13,9
Schienenverkehr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Straßenverkehr	13,4	13,9	14,7	13,0	12,3	12,9	13,1
Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>	0,7	0,9	1,0	0,8	0,7	0,7	0,6
Binnenschifffahrt	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>	15,3	16,7	14,6	15,1	12,7	11,3	11,9
<b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4)</sup></b>	<b>42,6</b>	<b>47,0</b>	<b>44,5</b>	<b>42,3</b>	<b>38,6</b>	<b>34,0</b>	<b>36,1</b>
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i>	<i>7,9</i>	<i>9,5</i>	<i>11,6</i>	<i>12,3</i>	<i>11,8</i>	<i>12,8</i>	<i>13,4</i>
	Struktur der CO <sub>2</sub> -Emissionen in %						
Energieerzeugung/-umwandlung	16,1	20,3	22,0	22,4	24,8	18,2	20,6
Industrie	14,2	12,3	9,6	9,0	8,3	8,1	7,9
Verkehr	33,8	31,9	35,7	32,9	34,0	40,3	38,5
Schienenverkehr	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
Straßenverkehr	31,5	29,5	33,1	30,6	31,9	37,9	36,4
Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>	1,6	1,8	2,2	1,9	1,8	2,1	1,8
Binnenschifffahrt	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>	35,9	35,5	32,7	35,7	32,8	33,3	33,0
<b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4)</sup></b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
	Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen (1990 = 100)						
Energieerzeugung/-umwandlung	100	139	143	138	140	90	108
Industrie	100	95	71	63	53	46	47
Verkehr	100	104	110	97	91	95	96
Schienenverkehr	100	87	73	53	45	47	49
Straßenverkehr	100	103	110	96	92	96	98
Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>	100	128	144	120	101	105	94
Binnenschifffahrt	100	96	44	49	37	30	31
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>	100	109	95	99	83	74	78
<b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>4)</sup></b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>104</b>	<b>99</b>	<b>91</b>	<b>80</b>	<b>85</b>
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i>	<i>100</i>	<i>120</i>	<i>147</i>	<i>156</i>	<i>150</i>	<i>162</i>	<i>170</i>
1) Vorläufige Werte. – 2) Nur inländischer Luftverkehr. – 3) Einschließlich militärischer Dienststellen. – 4) Ohne nichtenergetischen Verbrauch und ohne internationalen Luftverkehr. – 5) Internationaler Anteil am gesamten zivilen Luftverkehr.							

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

Die unterschiedliche Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Energiesektors hängt jedoch auch mit der von Jahr zu Jahr differierenden Bruttostrom- und Wärmeerzeugung der betreffenden Kraftwerke zusammen. Hierbei spielen Rohstoffpreise und -verfügbarkeit, Wartungen bzw. Revisionen sowie die Witterung eine entscheidende Rolle. So wurde der nahezu das gesamte Jahr 2007 andauernde Ausfall der hessischen Energieerzeugung aus Kernenergie unter anderem durch die vermehrte Nutzung fossiler Energieträger aufgefangen. Als 2009 erneut außergewöhnlich geringe

Strommengen aus Kernenergie erzeugt wurden, fiel dies mit einem verringerten Energiebedarf in der Industrie zusammen. Da 2010 die Kernenergie wieder genutzt werden konnte, wäre ein geringerer CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Energiesektors zu erwarten gewesen; tatsächlich stieg er aufgrund der gesamtwirtschaftlichen Erholung im Vergleich zum Vorjahr um 8,8 %. Umgekehrt gingen die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Energiesektors im Jahr 2011 – aufgrund der milderen Witterung – um 4,3 % zurück, als die Nutzung der Kernenergie in Hessen endgültig beendet wurde. Im Jahr 2013 kam es darüber hinaus zu einer weiteren Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Energiesektor hervorgerufen durch die endgültige Stilllegung der mit Steinkohle betriebenen Blöcke 2 und 3 des Kraftwerkes Staudinger. Auch die Verminderung ein Jahr später war maßgeblich getrieben durch Hessens größtes Kraftwerk, das aufgrund umfangreicher Reperaturmaßnahmen über einen langen Zeitraum stillstand. Doch auch die Witterung trug ihren Teil zum relativ geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Energiesektors bei – durch den milden Winter sank der Heizbedarf, sodass insgesamt weniger Wärme in Kraftwerken der öffentlichen Versorgung erzeugt wurde. Im Jahr 2015 stiegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Energiesektor dagegen um 20,1 % gegenüber dem Vorjahr. Dies war maßgeblich auf die Wiederaufnahme des Betriebs im Kraftwerk Staudinger zurückzuführen. Momentan befindet sich nur der mit Steinkohle betriebene Block 5 weiterhin im Grundlast- und Fernwärmebetrieb. Der mit Erdgas und Heizöl betriebene Block 4 dient seit 2012 ausschließlich zur Deckung von Spitzenlast.

**Abbildung 2 Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2015 nach Sektoren**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungen des Hessischen Statistisches Landesamts; vorläufige Werte für 2015.

Im Jahr 2015 betrug der CO<sub>2</sub>-Ausstoß aus dem Verkehr 13,9 Mill. t. Hier war bis zum Ende der neunziger Jahre eine Zunahme der Emissionen zu beobachten. Den höchsten Stand erreichten sie mit 16,1 Mill. t im Jahr 1999. In den darauffolgenden zehn Jahren gingen sie deutlich um durchschnittlich 310 000 t jährlich zurück und lagen im Jahr 2009 bei 13,0 Mill. t. Seitdem kam es jedoch zu einem kontinuierlichen Anstieg. Verglichen mit dem Niveau des Basisjahres 1990 sanken die Emissionen des Verkehrssektors um 3,7 %.

Im Jahr 2015 kamen knapp 95 % der gesamten inländischen Verkehrsemissionen aus dem Straßenverkehr. Dieser Teilsektor bestimmte die Entwicklung der gesamten Verkehrsemissionen wesentlich, denn den höchsten Punkt verzeichnete die Kurve der Emissionsentwicklung des Straßenverkehrs im Jahr 1999 parallel zu den gesamten Verkehrsemissionen. Danach trat trotz steigender Zulassungszahlen und wachsender Verkehrsdichte bis zum Jahr 2012 eine nachhaltige Verminderung auf 12,3 Mill. t ein. In den folgenden Jahren stiegen die Emissionen aus dem Straßenverkehr um gut 800 000 t und lagen 2015 um 2,3 % unter denen des Basisjahres.

Der gesamte Flugverkehr des Flughafens Frankfurt am Main (national und international zusammen) hat sich äußerst dynamisch entwickelt: Die Zahl der Starts und Landungen ist im Betrachtungszeitraum (1990-2015) um 44,3 % gestiegen. Passagierzahl und Frachtaufkommen wuchsen sogar um 106 bzw. 59 %. Dementsprechend steigerten sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Luftverkehr von 1990 bis 2015 um rund 64 %. Die stärkere Gewichtung des internationalen Anteils (vgl. Fußnote 1, Seite 14) bewirkt allerdings, dass die hierdurch verursachten Emissionen überproportional anstiegen. Im Jahr 1990 betrug sie 7,9 Mill. t. Bis 2008 hatten sie sich stetig um insgesamt 65 % auf 13,0 Mill. t erhöht. Ursprünglich ausgelöst durch die Finanzkrise 2009, blieben sie bis 2011 – trotz wieder steigender Luftverkehrszahlen – unter 12 Mill. t. Im Jahr 2015 beliefen sie sich auf 13,4 Mill. t, was einer Zunahme um 4,5 % im Vergleich zum Vorjahr, jedoch 170 % der Menge von 1990 entspricht. Die national anrechenbaren Emissionen verminderten sich seit Ende der neunziger Jahre kontinuierlich. Sie lagen 2015 bei 636 000 t CO<sub>2</sub> und hatten sich damit gegenüber 1990 um 40 000 t oder knapp 6 % reduziert.

Die hessische Industrie senkte ihre energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in den untersuchten 26 Jahren um gut 3,2 Mill. t. Im Bereich „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ waren die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2015 mit 11,9 Mill. t um 3,4 Mill. t niedriger als 1990. Die jährlichen Schwankungen in der Emissionsentwicklung sind in diesem Sektor überwiegend temperaturbedingt. So fiel der Wert im kalten Jahr 1996 besonders hoch aus. Der jüngste Anstieg um gut 5,2 % gegenüber dem Vorjahr ist auf dieselbe Ursache zurückzuführen.

Seit 1990 gab es in der sektoralen Struktur der CO<sub>2</sub>-Emissionen einige Verschiebungen. Die hessische Industrie reduzierte ihren Beitrag am Gesamt-CO<sub>2</sub>-Ausstoß deutlich um 6,3 Prozentpunkte. Dies ist eine Folge der Veränderungen in der Wirtschaftsstruktur seit 1990. Der Beitrag des Verkehrssektors lag zuletzt wieder deutlich über dem des Basisjahres (+ 4,7 Prozentpunkte). Auch der Anteil des Energiesektors nahm erkennbar zu (+ 4,5 Prozentpunkte). Der Anteil des Bereichs „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ ging um 2,9 Prozentpunkte zurück.

Die hessische Industrie emittierte im Jahr 2015 insgesamt 2,8 Mill. t CO<sub>2</sub>. Die Emissionen konzentrierten sich auf einige wenige Wirtschaftszweige (Tabelle 2).

**Tabelle 2 Struktur der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie in Hessen im Jahr 2015**

Industriezweige	CO <sub>2</sub> -Emissionen	Sektorstruktur	
	1000 t	%	%-kumul.
Chemische Industrie, Pharmazie	638	22,4	22,4
Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	450	15,8	38,2
NE-Metalle, Gießereiindustrie	385	13,5	51,8
Papiergewerbe	293	10,3	62,1
Ernährungs- und Tabakgewerbe	249	8,7	70,8
Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen	168	5,9	76,7
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	138	4,8	81,6
Fahrzeugbau	132	4,6	86,2
Herstellung von Metallerzeugnissen	129	4,5	90,7
Maschinenbau	71	2,5	93,2
Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	44	1,6	94,8
Sonstige Wirtschaftszweige	148	5,2	100,0
<b>Industrie insgesamt</b>	<b>2 845</b>	<b>100,0</b>	

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; vorläufige Werte.

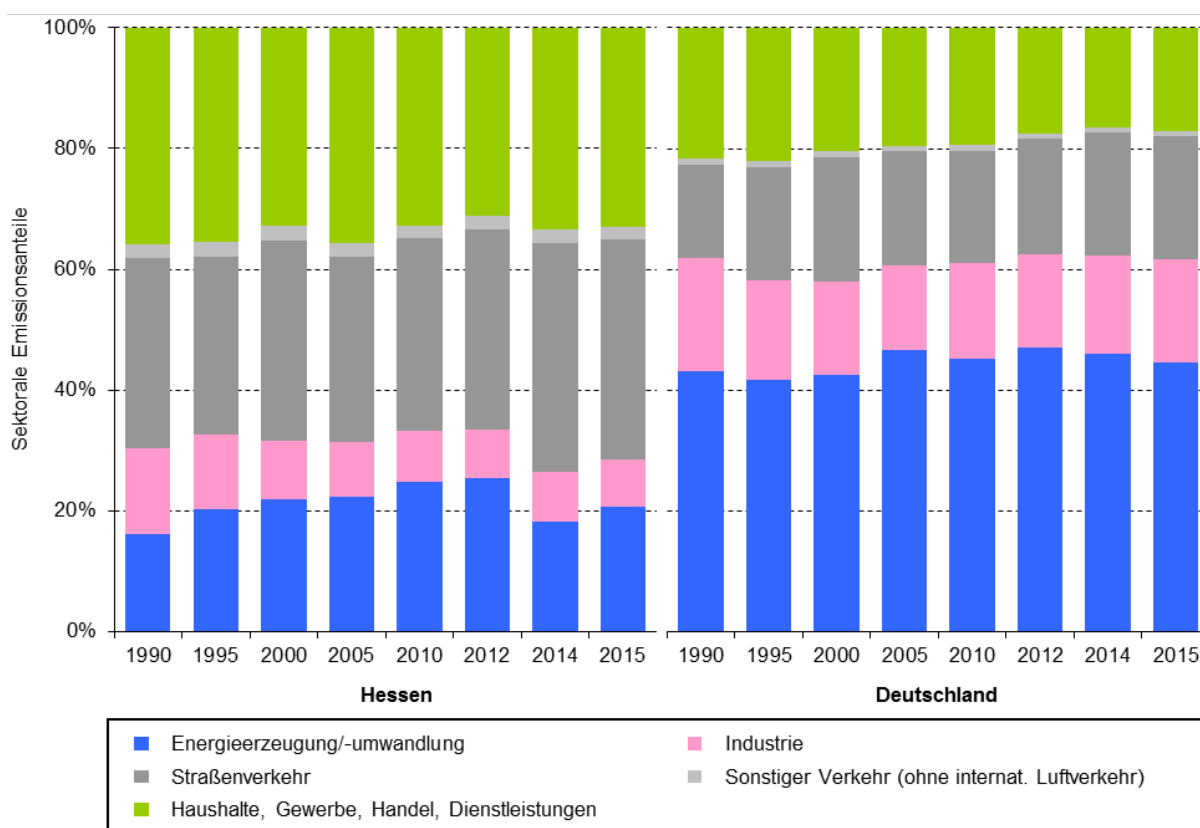
Mit 638 000 t CO<sub>2</sub> ist die Chemische Industrie/Pharmazie Hauptemittent der hessischen Wirtschaft. Das entspricht rund 22 % der gesamten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie. An der zweiten Stelle folgt mit einigem Abstand die Verarbeitung von Steinen und Erden (Gips-, Beton-, Zement- und Baukeramikproduktion) einschließlich dem Glasgewerbe mit 450 000 t und einem Anteil von knapp 16 % am CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Die dritte Position nimmt die Herstellung von Nichteisen-Metallen und Gießereierzeugnissen mit 385 000 t CO<sub>2</sub> (Anteil: 13,5 %) ein. Das Papiergewerbe erreicht mit 293 000 t CO<sub>2</sub> einen Anteil von 10,3 %. Mit 249 000 t (8,7 %) trägt das Ernährungs- und Tabakgewerbe zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei. Weitere 168 000 t (Anteil: 5,9 %) fallen bei der Herstellung von Roheisen, Stahl und eisenhaltigen Legierungen an. Die restlichen Mengen verteilen sich auf die übrigen Wirtschaftszweige.

### 1.3 Sektoraler Vergleich der energiebedingten Emissionen zwischen Hessen und Deutschland

Vergleicht man die sektorbezogenen Emissionen Hessens und Deutschlands insgesamt, werden deutliche Unterschiede sichtbar (Tabelle 3 und Abbildung 3). Besonders ausgeprägt sind die Differenzen beim Energiesektor, der im Jahr 2015 in Deutschland mit knapp 45 % doppelt so großes Gewicht hatte wie in Hessen (20,6 %). Demgegenüber fallen in Hessen die relativen Emissionsanteile des gesamten Verkehrs wesentlich höher aus als im Bundesgebiet. In Hessen ist der Anteil der Emissionen aus dem Straßenverkehr um 17,1 Prozentpunkte höher als in Deutsch-

land. Der nationale wie auch der internationale Luftverkehr spielen für Hessen eine besondere Rolle: Insgesamt fielen im Bundesland Hessen 2015 knapp 53 % aller Luftverkehrsemissionen Deutschlands an. In Anteilswerten ausgedrückt, bedeutet das, dass der Anteil des inländischen Flugverkehrs an den CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen in Hessen mit 1,8 % sechsmal so hoch ist wie in Deutschland (0,3 %).<sup>2</sup> Bei den Anteilen des Sektors „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ liegt Hessen 16 Prozentpunkte über dem Deutschlandwert.

**Abbildung 3 Entwicklung der sektoralen Struktur der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2015**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Umweltbundesamt, NIR 2017; Berechnungen des Hessischen Statistisches Landesamts; hessische Werte für 2015 vorläufig.

Zwischen den Emissionsektoren ist es seit 1990 zu erheblichen Verschiebungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen gekommen. In Hessen werden dabei überwiegend ähnliche Entwicklungen deutlich wie in ganz Deutschland. Zugenommen hat der Beitrag der Energieerzeugung und -umwandlung zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen Deutschlands (1990: 43,2 %, 2015: + 1,4 Prozentpunkte). Diese Tendenz weisen auch die hessischen Ergebnisse aus, ausgehend von einem wesentlich geringeren Niveau (1990: 16,1 %, 2015: + 4,5 Prozentpunkte).

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

**Tabelle 3 Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2015**

Emissionssektor	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015 <sup>1)</sup>
	CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mill. t						
	Hessen						
Energieerzeugung/-umwandlung <sup>2)</sup>	6,9	9,5	9,8	9,5	9,6	6,2	7,4
Industrie	6,1	5,8	4,3	3,8	3,2	2,8	2,8
Verkehr	14,4	15,0	15,9	13,9	13,1	13,7	13,9
Schienenverkehr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Straßenverkehr	13,4	13,9	14,7	13,0	12,3	12,9	13,1
Luftverkehr (national) <sup>4)</sup>	0,7	0,9	1,0	0,8	0,7	0,7	0,6
Binnenschifffahrt	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>5)</sup>	15,3	16,7	14,6	15,1	12,7	11,3	11,9
<b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>6)</sup></b>	<b>42,6</b>	<b>47,0</b>	<b>44,5</b>	<b>42,3</b>	<b>38,6</b>	<b>34,0</b>	<b>36,1</b>
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>7)</sup></i>	7,9	9,5	11,6	12,3	11,8	12,8	13,4
	Deutschland						
Energieerzeugung/-umwandlung <sup>2)</sup>	428,0	367,4	357,9	378,5	354,6	344,6	332,6
Industrie	185,1	144,5	129,0	114,4	124,2	120,3	126,0
Verkehr <sup>3)</sup>	161,9	175,4	180,7	160,0	152,8	158,5	159,1
Schienenverkehr	2,9	2,3	1,9	1,4	1,1	0,9	0,9
Straßenverkehr	151,9	166,4	172,5	152,7	146,3	152,3	153,0
Luftverkehr (national) <sup>4)</sup>	2,4	2,4	2,8	2,5	2,5	2,2	2,2
Binnenschifffahrt	3,6	2,9	2,1	1,9	1,7	1,9	1,8
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>5)</sup>	214,8	193,8	171,9	158,6	152,7	123,6	126,7
<b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>6)</sup></b>	<b>989,8</b>	<b>881,0</b>	<b>839,5</b>	<b>811,4</b>	<b>784,2</b>	<b>746,9</b>	<b>744,3</b>
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>7)</sup></i>	12,0	14,8	19,1	22,7	24,0	24,3	24,3
	Hessen in % von Deutschland						
Energieerzeugung/-umwandlung <sup>2)</sup>	1,6	2,6	2,7	2,5	2,7	1,8	2,2
Industrie	3,3	4,0	3,3	3,3	2,6	2,3	2,3
Verkehr	8,9	8,6	8,8	8,7	8,6	8,6	8,7
Schienenverkehr	3,9	4,2	4,2	4,4	4,6	5,7	6,1
Straßenverkehr	8,8	8,3	8,5	8,5	8,4	8,5	8,6
Luftverkehr (national) <sup>4)</sup>	28,5	35,7	35,3	32,1	26,9	32,1	28,7
Binnenschifffahrt	5,2	6,4	4,0	4,7	4,2	3,0	3,3
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>5)</sup>	7,1	8,6	8,5	9,5	8,3	9,2	9,4
<b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>6)</sup></b>	<b>4,3</b>	<b>5,3</b>	<b>5,3</b>	<b>5,2</b>	<b>4,9</b>	<b>4,5</b>	<b>4,8</b>
<i>Nachrichtlich: Internationaler Luftverkehr<sup>7)</sup></i>	66,0	64,1	60,9	54,1	49,3	52,6	55,0

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

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Umweltbundesamt, NIR 2017; Berechnungen des Hessischen Statistisches Landesamts.

Der Anteil des Straßenverkehrs am Emissionsgeschehen wuchs in Deutschland im Vergleich zum Basisjahr um 5,2 Prozentpunkte; in Hessen stieg er um 4,9 Prozentpunkte. Der Emissionsbeitrag der Industrie reduzierte sich in Deutschland wie in Hessen. Er lag für Deutschland zuletzt bei 16,9 % und hatte sich so um 1,8 Prozent-

punkte vermindert (Hessen: 7,9 %; – 6,3 Prozentpunkte). Der Emissionsanteil des Sektors „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ nahm deutschlandweit um 4,7 Prozentpunkte ab. In Hessen verringerte sich sein Anteil um 2,9 Prozentpunkte.

Bedeutendste Quelle für die direkten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen war im Jahr 2015 der Verkehrssektor mit einem Anteil von 38,5 %. Dahinter folgte der Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ mit 33,0 %. Bei Letzterem sind die Emissionen überwiegend auf den Verbrauch von Heizöl und Gas zu Heizzwecken zurückzuführen. Im Verkehrssektor spielt der Treibstoffverbrauch im Straßenverkehr die tragende Rolle: 94,6 % der Verkehrsemissionen bzw. 36,4 % der Gesamtemissionen stammen daher. Der aus dem Stromverbrauch in den verschiedenen Sektoren hervorgehende CO<sub>2</sub>-Ausstoß wird dem Bereich „Energieerzeugung und -umwandlung“ zugerechnet. Im Jahr 2015 entfielen auf diesen 20,6 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Der direkte energiebedingte CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Industrie spielte mit knapp 8 % dagegen eine vergleichsweise untergeordnete Rolle.

#### **1.4 Indikatoren zur Entwicklung der energiebedingten Kohlendioxidemissionen (aus der Quellenbilanz)**

Indikatoren spielen in der Klimaschutzpolitischen Diskussion sowie im Rahmen des Leitbildes einer nachhaltigen Entwicklung eine wichtige Rolle. So können durch die Verknüpfung der CO<sub>2</sub>-Emissionen mit geeigneten Bezugsgrößen energiewirtschaftliche und klimapolitische Zusammenhänge besser beurteilt werden. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Entwicklung dieser spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und in Deutschland.

Bezieht man den absoluten CO<sub>2</sub>-Ausstoß auf die Zahl der Einwohner, differenziert sich das Bild zwischen Deutschland und Hessen. Von 1990 auf 1991 stiegen die jährlichen Pro-Kopf-Emissionen in Hessen deutlich von 7,46 t auf 8,00 t. Zwischen 1992 und 1998 schwankten sie zwischen 7,9 t und 8,4 t, um erst am Ende der neunziger Jahre wieder unter das Ausgangsniveau abzusinken. Ab 1999 blieben die spezifischen einwohnerbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen mit nur einer Ausnahme im heizintensiven Jahr 2001 stets unter 7,4 t pro Jahr. Seit 2009 liegen sie sogar unter 6,5 t. Für den Bund fielen die Werte, bei etwa gleichem Entwicklungsverlauf, stets höher aus. Im Basisjahr waren die gesamtdeutschen Emissionen pro Einwohner noch 5,0 t höher. Der Abstand verringerte sich danach mehr und mehr, wobei sich die geringste Differenz mit 2,70 t im Jahr 1996 ergab. In den folgenden Jahren pendelte der Differenzwert zwischen 2,8 t und 3,2 t je Einwohner. Seit 2006 zeichnete sich ein klarer Trend zur Verbesserung der hessischen Position ab. Zuletzt lag die Differenz bei 3,2 t.

Im Zeitraum von 1990 bis 2015 verminderten sich die spezifischen einwohnerbezogenen Emissionen in Hessen um insgesamt 21,2 %, wobei die eigentliche Reduktion in die letzten 17 Jahre fällt. Bis 1995 wuchsen die hessischen Pro-Kopf-Emissionen um 5,6 %, bis zum Höchststand im Jahr 1996 (8,4 t je Einwohner) sogar um 12,5 %. Bezogen auf 1995 sanken die Pro-Kopf-Emissionen bis 2015 um gut 25 %, ausgehend vom Höchststand 1996 sogar um rund 30 %. Der spezifische CO<sub>2</sub>-

Ausstoß reduzierte sich in Deutschland zwischen 1990 und 2015 deutlich stärker (- 26,9 %) als in Hessen. In den ersten fünf Jahren betrug aufgrund des wirtschaftlichen Strukturwandels der Rückgang der einwohnerspezifischen Emissionen bereits 13,1 %. Seit 1995 setzte sich der insgesamt abnehmende Trend in geringerem Tempo fort. So belief sich die Minderung in den folgenden 20 Jahren auf 15,9 %.

**Tabelle 4 Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen bezogen auf Einwohner, Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch in Hessen und Deutschland von 1990 bzw. 1991 bis 2015**

Gebiet	1990	1991	1995	2000	2005	2010	2014	2015 <sup>1)</sup>	1990 bzw. 1991 / 2015	1995 / 2015
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einwohner in t CO <sub>2</sub>										
Hessen	7,5	8,0	7,9	7,4	7,0	6,5	5,6	5,9	- 21,2	- 25,3
Deutschland	12,5	12,0	10,8	10,3	10,0	9,8	9,2	9,1	- 26,9	- 15,9
Deutschland = 100										
Hessen	59,8	66,9	72,7	71,8	70,3	66,2	60,7	64,5		
Veränderungen in %										
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einheit Bruttoinlandsprodukt in t CO <sub>2</sub> je Mill. Euro										
Hessen	—	308,9	275,2	228,9	199,1	170,0	133,6	137,6	- 38,4	- 38,4
Deutschland	—	605,0	464,0	396,6	352,7	304,0	255,5	245,4	- 43,1	- 35,1
Deutschland = 100										
Hessen	—	51,1	59,3	57,7	56,5	55,9	52,3	56,1		
Veränderungen <sup>3)</sup> in %										
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einheit Primärenergieverbrauch in t CO <sub>2</sub> je 1000 TJ										
Hessen	45,9	48,3	47,6	43,1	40,8	38,4	40,1	41,2	- 10,3	- 13,5
Deutschland	66,4	65,4	61,7	58,3	55,7	55,2	56,7	56,1	- 15,5	- 9,1
Deutschland = 100										
Hessen	69,1	73,9	77,0	74,0	73,1	69,6	70,8	73,3		
Veränderungen in %										
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>2)</sup> je Einheit Primärenergieverbrauch <sup>2)</sup> in t CO <sub>2</sub> je 1000 TJ										
Hessen	51,9	54,4	54,7	51,0	48,6	45,8	50,5	52,0	0,2	- 5,0
Deutschland	67,1	66,1	62,6	59,4	56,9	56,5	58,1	57,6	- 14,3	- 8,1
Deutschland = 100										
Hessen	77,2	82,2	87,4	85,8	85,4	81,0	86,9	90,3		
Veränderungen in %										
<i>Nachrichtlich: Anteil des internationalen Luftverkehrs am Primärenergieverbrauch in %</i>										
Hessen	11,6	11,0	13,1	15,4	16,2	16,0	20,6	20,9	Mittelwert 1990-2015	15,4
Deutschland	1,1	1,1	1,4	1,8	2,1	2,3	2,5	2,5		1,9

1) Für Hessen vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr. – 3) Veränderungsraten des Bruttoinlandsproduktes preisbereinigt und verkettet.

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Statistisches Bundesamt, Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder (Berechnungsstand: August 2016); Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; DIW; AG Energiebilanzen; Umweltbundesamt, NIR 2017; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.



Die auf das Bruttoinlandsprodukt bezogene CO<sub>2</sub>-Intensität weist das Verhältnis der aufgewendeten Energie zur erzielten Wirtschaftsleistung aus. Höhe und Entwicklung sind abhängig von der Wirtschaftsstruktur der betrachteten Region. Zwischen 1991 und 2015 sank die CO<sub>2</sub>-Intensität in Hessen um 38,4 %.<sup>3</sup> Für Deutschland reduzierte sie sich in diesem Zeitraum um 43,1 %. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen je Einheit Bruttoinlandsprodukt sind in Deutschland vor allem in der ersten Hälfte der neunziger Jahre aufgrund struktureller Veränderungen in der Wirtschaft und wegen stark verminderter CO<sub>2</sub>-Emissionen des Energiesektors deutlich gesunken (im Durchschnitt – 3,3 % pro Jahr). Zwischen 1995 und dem Jahr 2000 schwächte sich die Entwicklung ab (- 2,8 % pro Jahr). In Hessen zeigt der Trend ein ähnliches Muster wie bei den einwohnerspezifischen Emissionen. Bis 1995 sank die CO<sub>2</sub>-Intensität pro Jahr nicht in nennenswertem Maße. Die Hauptminderung (– 3,2 % pro Jahr) erfolgte in Hessen erst ab Mitte der neunziger Jahre bis 2007 und übertraf in dieser Periode die des Bundes. Nach einer Phase mit geringen Schwankungen fiel die CO<sub>2</sub>-Intensität im Jahr 2011 gegenüber dem Vorjahr deutlich um 7,2 %. Durch die Reparaturmaßnahmen im Kraftwerk Staudinger kam es im Jahr 2014 noch einmal zu einer deutlichen Reduktion um 8,6 % im Vergleich zum Vorjahr. Die Wiederaufnahme des Betriebs zu Beginn des Jahres 2015 führte umgekehrt zu einem Anstieg der CO<sub>2</sub>-Intensität um 4,9 % im Vergleich mit dem Jahr zuvor.

Der Vergleich zwischen Hessen und Deutschland zeigt außerdem, dass die absoluten Mengen der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen langsamer als in der Bundesrepublik gesunken sind (vgl. Tabelle 3). Die oben bereits erwähnte Verminderung der CO<sub>2</sub>-Intensität (Quotient aus CO<sub>2</sub>-Emissionen und Bruttoinlandsprodukt) bewegt sich jedoch ungefähr in der gleichen Größenordnung. Diese Entwicklung ist demnach in Hessen in wesentlich stärkerem Maße der Steigerung der Wirtschaftskraft (also höheren Werten im Nenner) als dem Emissionsrückgang geschuldet.

Die durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Intensität des Primärenergieverbrauchs bezieht die Struktur der eingesetzten Energieträger ein. Sie lag in Hessen zuletzt bei 41,2 t CO<sub>2</sub> je 1000 Terajoule (TJ) bzw. – bereinigt man auch den Primärenergieverbrauch um die Flugturbinenkraftstoffe für den internationalen Luftverkehr – bei 52,0 t je 1000 TJ. Bei der Betrachtung der Zeitreihe ist zu berücksichtigen, dass fast das ganze Jahr 2007 und 2009 hindurch vorübergehend keine Kernenergie eingesetzt und ihre Nutzung Anfang 2011 vollständig aufgegeben wurde. Zwar wird bei der Nutzung von Kernenergie kein CO<sub>2</sub> ausgestoßen, aber die eingesetzte Energieträgermenge wird in den Primärenergieverbrauch einbezogen.<sup>4</sup> Im Durchschnitt der Jahre 1997 bis

---

<sup>3</sup> Der Bezug auf das Basisjahr der Emissionsberechnungen (1990) ist deshalb nicht möglich, weil das für den Deutschlandvergleich erforderliche Bruttoinlandsprodukt für das Jahr 1990 nicht verfügbar ist. Das Bruttoinlandsprodukt wird für Strukturvergleiche in jeweiligen Preisen verwendet. Um jedoch Betrachtungen der Zeitreihe unabhängig von Preisänderungen vorzunehmen, werden Entwicklungen über verkettete Indizes dargestellt. Das führt dazu, dass die in Tabelle 4 rechts stehenden Veränderungsraten nicht aus den links ausgewiesenen Werten errechnet werden können.

<sup>4</sup> Der Primärenergieverbrauch bei der Kernenergienutzung ging 2007, 2009 und 2011 gegenüber dem jeweiligen Vorjahr um 167 000 TJ, 188 000 TJ bzw. 124 000 TJ zurück. Vor diesem Hintergrund fiel der Rückgang um 43 000 TJ von 2011 zu 2012 aufgrund der Einstellung der Kernenergienutzung relativ gering aus. Der Quotient aus CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergieverbrauch lag für die Jahre 2007, 2009, 2011 und auch 2012 deutlich über den jeweiligen Vorjahreswerten aufgrund des niedrigeren Primärenergieverbrauchs im Nenner. Dies galt für beide Betrachtungsweisen gleichermaßen, d. h. mit bzw. ohne Einbeziehung des internationalen Luftverkehrs in den Primärenergieverbrauch.

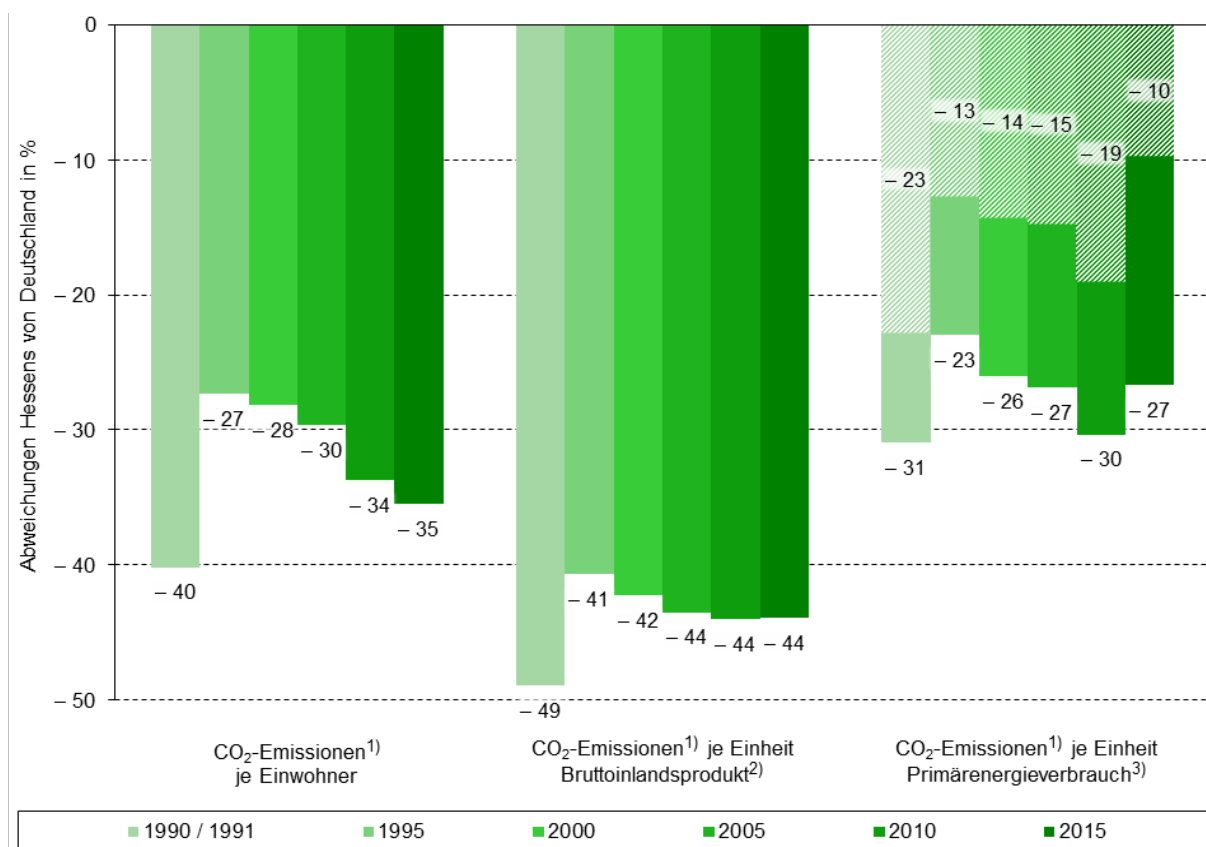
2006 hatte die Kernenergie mit 17 % einen erheblichen Anteil am Primärenergieverbrauch in Hessen.

Im Jahr 2015 wurden im Bund 56,1 bzw. 57,6 t CO<sub>2</sub> je Einheit Primärenergieverbrauch ausgestoßen. Der auf Bundesebene niedrige Anteil des internationalen Luftverkehrs am Primärenergieverbrauch beeinflusst die Höhe des Indikators in wesentlich geringerem Maß als in Hessen. In Deutschland machte der internationale Flugverkehr im Basisjahr 1990 nur 1,1 % des Primärenergieverbrauchs aus; in Hessen lag der Wert bei 11,6 %. Bis zum Jahr 2007 bzw. 2009 stiegen die Anteile aufgrund der dynamischen Entwicklung des gesamten Luftverkehrs für Hessen bzw. Deutschland. Die starken Schwankungen der Anteilswerte für Hessen seit 2007 wurden neben dem Geschehen im Luftverkehr auch von der – zunächst ungünstigen und sich wieder erholenden – wirtschaftlichen Entwicklung mit ihren Auswirkungen auf den Energieverbrauch der Industrie sowie dem wechselnden Einfluss der Kernenergienutzung auf den Primärenergieverbrauch überlagert. Der Anteil liegt für Deutschland nun bei 2,5 % und für Hessen bei 20,9 %. Über den gesamten Zeitraum betrachtet hat der Einfluss des internationalen Flugverkehrs auf die absolute Höhe des Indikators für Hessen also noch stärker zugenommen als für Deutschland. Die unterschiedlich große Bedeutung des internationalen Luftverkehrs für die Energiebilanz der Wirtschaftsräume Deutschland und Hessen zeigt sich vor allem darin, dass in Hessen die absoluten Werte – je nachdem, ob man den internationalen Luftverkehr in den Primärenergieverbrauch einbezieht oder nicht – deutlich voneinander abweichen. In Deutschland ist die Differenz zwischen den beiden Berechnungen dagegen weitaus geringer. Wird der Primärenergieverbrauch nicht um den internationalen Luftverkehr vermindert, fällt der spezifische CO<sub>2</sub>-Ausstoß je Einheit Primärenergieverbrauch in Hessen im Jahr 2015 um 15 t niedriger aus als im Bund. Rechnet man den internationalen Luftverkehr aus dem Primärenergieverbrauch heraus, reduziert sich der Abstand Hessens zu Deutschland auf 5,6 t je Einheit Primärenergieverbrauch.

Im gesamten Betrachtungszeitraum ist die CO<sub>2</sub>-Intensität des Primärenergieverbrauchs in Hessen um 10,3 % zurückgegangen. Bereinigt man den Primärenergieverbrauch um die für den internationalen Luftverkehr verbrauchten Flugkraftstoffe, ergibt sich im Jahr 2015 ein leichter Anstieg der CO<sub>2</sub>-Intensität des Primärenergieverbrauchs gegenüber dem Basisjahr 1990 um 0,2 % (vgl. auch hierzu Fußnote 4). Der Ausbau des hessischen Energiesektors hatte in den ersten sechs Jahren dazu geführt, dass sich der spezifische CO<sub>2</sub>-Ausstoß in dieser Periode erhöhte. Ab Mitte der neunziger Jahre ging er dann kontinuierlich zurück – gegenüber 1995 um 13,5 % bzw. 5,0 %. Ab diesem Zeitpunkt hat auch in Hessen ein nachhaltiger Wandel zu CO<sub>2</sub>-ärmeren Technologien begonnen. Außerdem wurden verstärkt alternative Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. So wurden immer größere Mengen an Siedlungsabfällen (bei denen 50 % des Energiegehaltes aus biogenen Fraktionen stammen) in Müllheizkraftwerken eingesetzt. Zusätzlich nahm der Anteil der festen Biomasse am Primärenergieverbrauch zu. Für Deutschland verminderte sich die CO<sub>2</sub>-Intensität vor allem in der ersten Hälfte der neunziger Jahre. Sie sank von 1990 bis 2015 um 15,5 % (bzw. 14,3 %); mehr als 40 % dieser Verminderung entfiel allerdings – bedingt durch den Strukturwandel in den neuen Bundesländern – auf die Jahre 1990 bis 1995.

Beim Vergleich der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen fällt auf, dass sie im Zeitraum 1990/91 bis 2015 in Deutschland stärker als in Hessen sanken. Die deutschen Indikatorenwerte sind allerdings wesentlich höher als die hessischen. Im Verlauf der Entwicklung näherten sich die spezifischen Emissionen in Hessen und im Bundesgebiet bis zum Jahr 2000 zunächst an. Im Anschluss verbesserte sich die Situation Hessens bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen je Einwohner bzw. bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen je Einheit Bruttoinlandsprodukt. Dagegen ist der Abstand bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen je Primärenergieverbrauch weitestgehend konstant geblieben (Abbildung 4).

**Abbildung 4** Abweichungen der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bezogen auf Einwohner, Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch in Hessen von den Werten in Deutschland von 1990 bzw. 1991 bis 2015



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; Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; DIW; Umweltbundesamt, NIR 2017; Statistisches Bundesamt, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder (Berechnungsstand: August 2016); AG Energiebilanzen; Berechnungen des Hessischen Statistisches Landesamts; Hessische Werte für 2015 vorläufig.

- Die Emissionen je Einwohner waren in Hessen im Jahr 2015 um 35 % niedriger als in Deutschland. Im Jahr 2000 unterschieden sie sich um 28 %.
- Das hessische Bruttoinlandsprodukt wurde im Jahr 2015 im Durchschnitt unter Freisetzung von rund 138 t CO<sub>2</sub> je 1 Mill. Euro erwirtschaftet gegenüber rund 245 t CO<sub>2</sub> je 1 Mill. Euro in Deutschland. Die in Hessen geschaffene Wirtschaftsleistung wurde also mit um 44 % niedrigeren CO<sub>2</sub>-Emissionen erreicht.

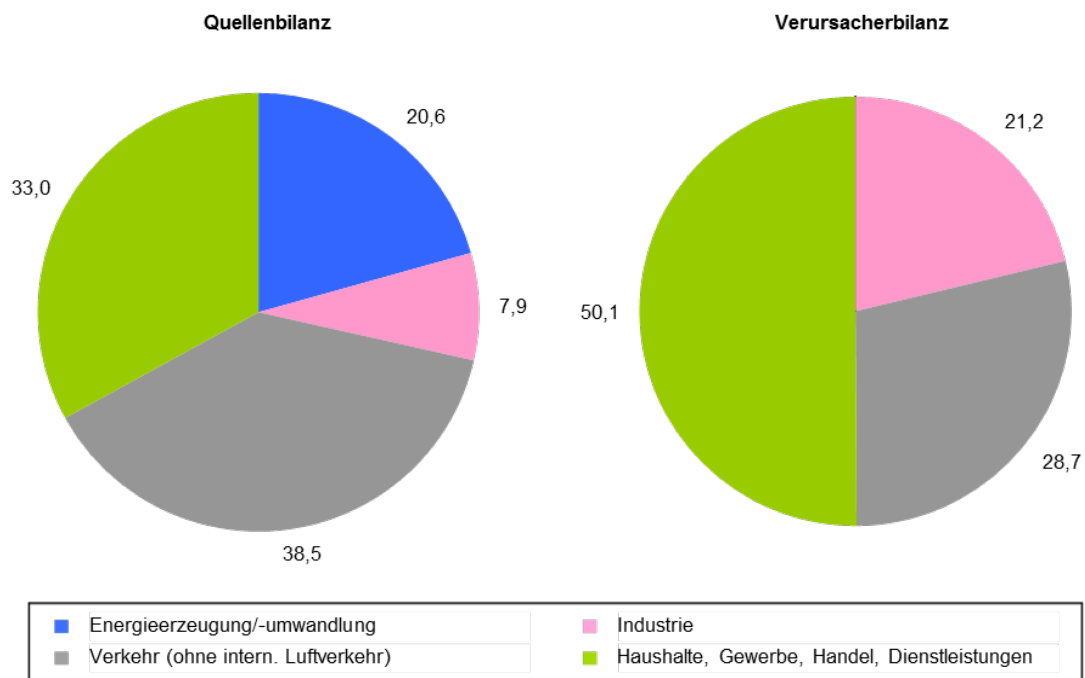
- Bei der durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Intensität des Primärenergieverbrauchs ist das Niveau in Hessen und Deutschland abhängig davon, auf welche Weise der internationale Flugverkehr beim Primärenergieverbrauch zum Ansatz kommt. Im Jahr 2015 lag der hessische Wert bei vollständiger Einbeziehung aller Mineralölprodukte in den Primärenergieverbrauch um ein gutes Viertel unter dem von Deutschland. Ohne die Flugkraftstoffe für den internationalen Luftverkehr fiel der Abstand mit rund 10 % geringer aus.

## 1.5 Verursacherbezogene Kohlendioxidemissionen

In der Verursacherbilanz werden die Emissionen ausschließlich auf den Endenergieverbrauch bezogen. Die Emissionen des Umwandlungsbereichs werden hier also nach dem Verursacherprinzip zugeordnet.

Bezieht man die effektiven<sup>5</sup> CO<sub>2</sub>-Emissionen vollständig auf die Verbrauchssektoren, zeigen sich für Hessen erhebliche Abweichungen zur Quellenbilanz, und zwar sowohl in der Struktur (Abbildung 5) als auch in der absoluten Höhe (Tabelle 5). Die verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen lagen im Jahr 2015 mit 50,1 Mill. t deutlich über denen aus dem Primärenergieverbrauch (36,1 Mill. t). Gegenüber dem Vorjahr stiegen sie um 1,6 % an. Maßgeblich für diese Entwicklung war die im Vergleich zu 2014 höhere Nachfrage nach Gasen im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ um 11,3 % aufgrund der kühleren Witterung im Vergleich zum Vorjahr. Im Verkehrssektor kam es zu einem leicht erhöhten Verbrauch von Mineralöl und Mineralölprodukten, was eine Steigerung des Energieverbrauchs um 0,7 % zur Folge hatte.

**Abbildung 5 Quellen- und verursacherbezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen der Hauptemissionssektoren in Hessen im Jahr 2015**



Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; vorläufige Werte.

<sup>5</sup> Ohne Temperaturbereinigung.

Bei der verursacherbezogenen Betrachtung sind im Verkehrssektor lediglich geringfügige Unterschiede zum quellenbezogenen Nachweis des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes (13,9 Mill. t gegenüber 14,6 Mill. t nach dem Verursacherprinzip) zu verzeichnen. In diesem Sektor geht der überwiegende Verbrauch (95 %) auf Mineralöl und Mineralölprodukte zurück. In den beiden anderen Verbrauchsbereichen kommt die Neubewertung des Strom- und Fernwärmeverbrauchs voll zum Tragen. Im Jahr 2015 waren 43,5 % der Emissionen des Endenergieverbrauchs der Verwendung von Elektrizität und Fernwärme zuzurechnen.

**Tabelle 5 Effektive CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen im Jahr 2014 und 2015**

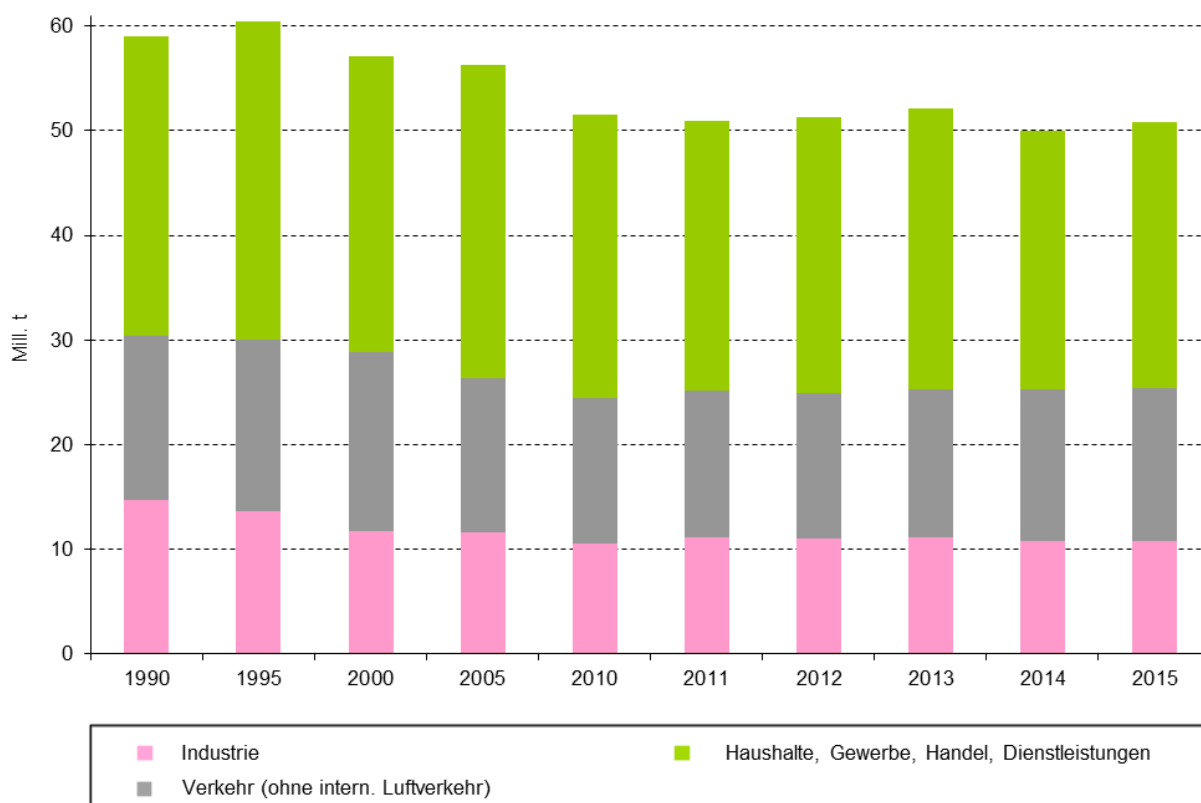
Emittentensektor	Energieträger					
	Insgesamt	davon				
		Steinkohlen	Braunkohlen	Mineralöle und Mineralölprodukte	Gase	Strom und Fernwärme <sup>1)</sup>
1000 t						
2015 <sup>2)</sup>						
Industrie	10 774	346	203	265	2 068	7 892
Verkehr <sup>3)</sup>	14 570	—	—	13 845	25	700
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	25 422	4	57	5 023	6 821	13 516
<b>Endenergieverbrauchsbereich zusammen</b>	<b>50 766</b>	<b>351</b>	<b>261</b>	<b>19 133</b>	<b>8 914</b>	<b>22 108</b>
2014						
Industrie	10 747	346	178	280	2 059	7 885
Verkehr <sup>3)</sup>	14 468	—	—	13 664	26	778
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	24 773	5	57	5 133	6 128	13 450
<b>Endenergieverbrauchsbereich zusammen</b>	<b>49 988</b>	<b>351</b>	<b>235</b>	<b>19 077</b>	<b>8 212</b>	<b>22 113</b>
Zu- bzw. Abnahme (-) in %						
Industrie	0,2	0,1	14,5	- 5,5	0,4	0,1
Verkehr <sup>3)</sup>	0,7	—	—	1,3	- 4,1	- 10,0
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	2,6	- 8,4	0,2	- 2,1	11,3	0,5
<b>Endenergieverbrauchsbereich zusammen</b>	<b>1,6</b>	<b>- 0,0</b>	<b>11,0</b>	<b>0,3</b>	<b>8,5</b>	<b>- 0,0</b>
1) Bewertung des Stromverbrauchs mit einem einheitlichen (General-)Faktor für Deutschland auf Basis der Emissionen aller Kraftwerke der allgemeinen Versorgung sowie der Industriekraftwerke; einschließl. Abfall. – 2) Vorläufige Werte. – 3) Ausschließlich nationaler Anteil des Luftverkehrs berücksichtigt.						

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

Der hessische Stromverbrauch liegt über der in den hessischen Kraftwerken erzeugten Menge. Unterstellt man für den (im Saldo) über die Landesgrenze aus dem Netz bezogenen Strom den allgemeinen Energieträgermix, erhält man für Hessen (im Vergleich zur quellenbezogenen Betrachtungsweise) einen wesentlich höheren verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Ausstoß.

Seit 1990 sind die verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 8,2 Mill. t oder 13,9 % zurückgegangen (Abbildung 6). Die Emissionssektoren waren unterschiedlich stark beteiligt. Obwohl die Industrie im betrachteten Zeitraum nur maximal ein Viertel der Emissionen verursacht hat, leistete sie den größten Beitrag zur Reduzierung. Gegenüber 1990 wurden hier 4,0 Mill. t CO<sub>2</sub> eingespart. Auch im Verkehrssektor wurden mit 1,1 Mill. t deutliche Verminderungen erzielt. Im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ ist kein so eindeutiger Trend zu erkennen, da in diesem Sektor die witterungsbedingten Einflüsse am größten sind. Dennoch deutet sich auch hier eine Entwicklung zur Emissionsminderung an. Denn obwohl sich laut hessischer Energiebilanz Stromverbrauch und Fernwärmenutzung in diesem Sektor kontinuierlich gesteigert haben, zeigt die hessische Treibhausgasbilanz, dass seit 2007 in der Tendenz konstante oder geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen auftraten als im Vergleichsjahr 1990. Das ist vor allem auf den höheren Anteil erneuerbarer Energien im Energieträgermix der Strom- und Fernwärmeerzeugung zurückzuführen.

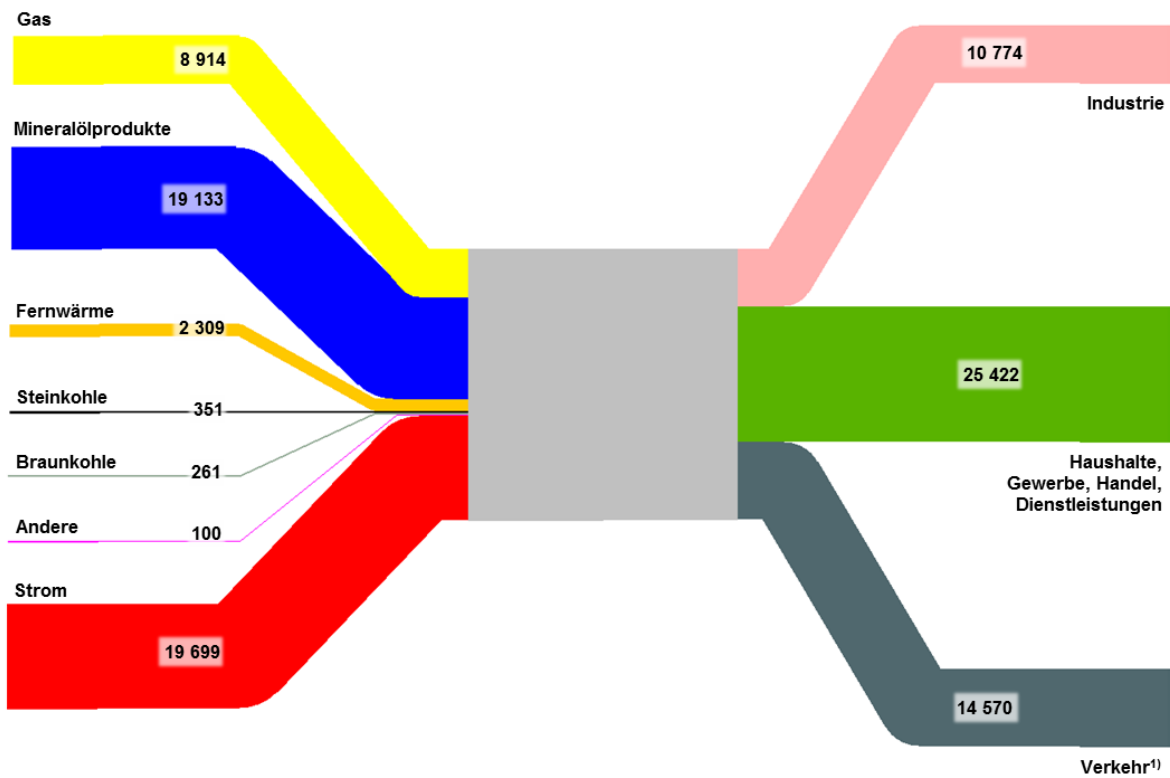
**Abbildung 6 CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen von 1990 bis 2015**



Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; Werte für 2015 vorläufig.

In Abbildung 7 wird der CO<sub>2</sub>-Ausstoß nach Energieträgern den Emissionen der Energieverbraucher (Verursacher der Emissionen) nochmals gegenübergestellt. Die Hälfte (50,1 %) der Emissionen wird danach durch den Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ verursacht. Mehr als ein Viertel entfällt auf den Verkehr. Die hessische Industrie verursacht nur etwa ein Fünftel der Emissionen.

**Abbildung 7 Verursacherbezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen im Jahr 2015 (Sankey-Diagramm)**



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

1) Ohne internationalen Luftverkehr.

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

## **2 Kohlendioxidemissionen aus Industrieprozessen**

### **2.1 Ermittlung prozessbedingter Kohlendioxidemissionen**

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

Relevante Industrieprozesse für die Ermittlung prozessbedingter Emissionen innerhalb des Sektors Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe sind die Herstellung von:

- Hüttenaluminium,
- Zementklinker,
- Kalk,
- Glas,
- Calciumkarbid,
- Ammoniak,
- Soda,
- Mauer- und Dachziegel,
- Ruß.

Die Vorgehensweise des Länderarbeitskreises Energiebilanzen lehnt sich eng an die Berechnungsmethoden des Umweltbundesamts im Rahmen der nationalen Inventarberichterstattung an. Die Emissionsfaktoren wurden ebenfalls der nationalen Inventarberichterstattung entnommen. Durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse können sich für einzelne Emissionsfaktoren Änderungen ergeben, die zu rückwirkenden Neuberechnungen der in den vorangegangenen Treibhausgasberichten veröffentlichten Emissionen führen.

Berechnungsgrundlagen bilden Daten aus der „Vierteljährlichen Produktionserhebung“ sowie Einsatzmengen bestimmter Rohstoffe, die separat erhoben wurden. Diese Mengen der jeweiligen Industrieprozesse wurden mit ihren spezifischen Emissionsfaktoren multipliziert. Das Ergebnis stellt die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen je Industrieprozess dar. Ausgewiesen wird das Resultat in Tonnen CO<sub>2</sub>. Eine Aussage über die gesamten CO<sub>2</sub>-Prozessemissionen des Industriesektors ergibt sich aus der Addition des Emissionspotentials der einzelnen Prozesse.

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

In Hessen wurden im Betrachtungszeitraum neben Kalk und Zementklinker auch Glaswaren, Ammoniak und Ziegel sowie Industrieruß hergestellt. Die Darstellung der Methode erfolgt bei den jeweiligen Prozessen.



Tabelle 6 gibt einen Überblick über die prozessbedingten Emissionen in Hessen, die im Jahr 2015 bei insgesamt 590 000 t CO<sub>2</sub> lagen. Das waren 1,9 % mehr als ein Jahr zuvor.

Zu Beginn der Berichterstattung wurden bei Herstellungsprozessen gut 1,0 Mill. t CO<sub>2</sub> freigesetzt. Bis 1997 verminderten sich die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen kontinuierlich, um dann in den folgenden drei Jahren zwischenzeitlich wiederum bis in die Nähe des Ausgangsniveaus anzusteigen. Seit 2001 gingen die Emissionsmengen aus Produktionsprozessen dann deutlich zurück, was insbesondere auf gesunkene Produktion in der Zementklinkerherstellung zurückzuführen ist (Abbildung 8).

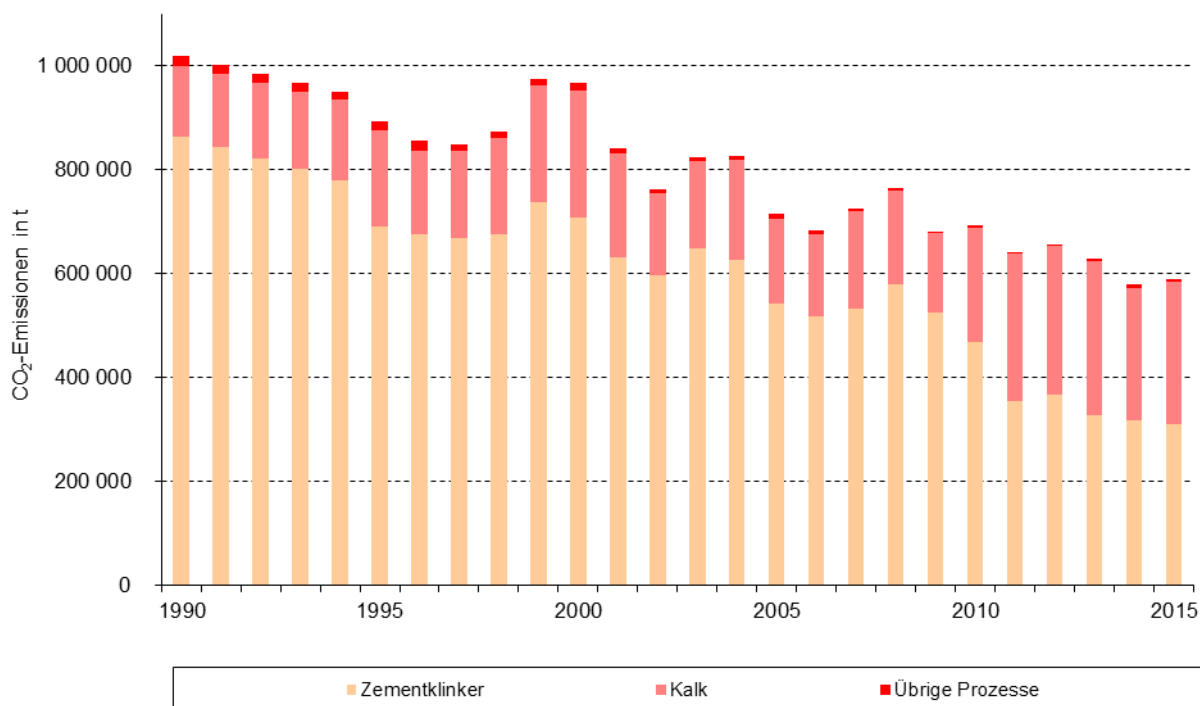
Gegenüber dem Basisjahr 1990 haben sich die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen um insgesamt 42 % vermindert.

**Tabelle 6      Entwicklung der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2015**

	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015 <sup>1)</sup>
	CO <sub>2</sub> -Emissionen in t						
Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen	1 020 045	894 767	967 723	714 826	692 681	578 908	589 981
darunter Herstellung von							
Zementklinker	864 334	691 452	708 772	542 809	468 652	317 547	309 886
Kalk	136 386	183 669	245 044	163 149	221 045	256 112	274 177
	Anteile der Industrieprozesse in %						
Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen	100	100	100	100	100	100	100
darunter Herstellung von							
Zementklinker	84,7	77,3	73,2	75,9	67,7	54,9	52,5
Kalk	13,4	20,5	25,3	22,8	31,9	44,2	46,5
	Entwicklung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes (1990 = 100)						
Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen	100	88	95	70	68	57	58
darunter Herstellung von							
Zementklinker	100	80	82	63	54	37	36
Kalk	100	135	180	120	162	188	201
1) Vorläufige Werte.							

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

**Abbildung 8** Entwicklung der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2015



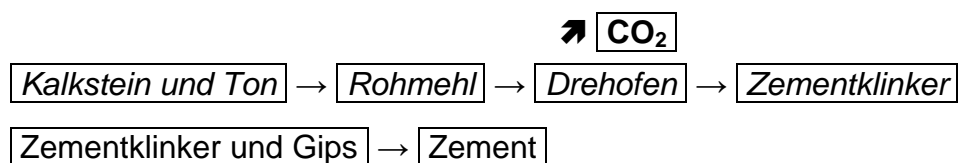
Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; vorläufige Werte für 2015.

## 2.2 Prozessbedingte Kohlendioxidemissionen bei der Herstellung von Zementklinker

Bei der Herstellung von Zementklinker wird aus den Rohstoffen Kalkstein und Ton Rohmehl gemahlen, welches anschließend im Drehofen gebrannt wird. Durch chemische Umwandlung, sogenannte Sinterung, entstehen die Zementklinker. Die CO<sub>2</sub>-Freisetzung findet bei der Entsäuerung des Kalksteins statt (Abbildung 9).

Zementklinker und Rohgips sind die Ausgangsstoffe zur Herstellung von Zement. Bei diesem Prozess wird kein CO<sub>2</sub> emittiert. Zurzeit besteht die gesamte produzierte Zementmenge zu etwa vier Fünfteln aus Zementklinker, wobei dieser Anteil langfristig gesehen zurückgehen wird. Für die Bewertung der Emissionen dieses Herstellungsprozesses wurde der einheitliche Emissionsfaktor für die deutschen Emissionen aus dem Nationalen Inventarbericht angesetzt.

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



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Die Herstellung von Zement ist der bedeutendste Industrieprozess für die prozessbedingte Emissionsbetrachtung in Hessen. Bis 2009 waren durchschnittlich knapp vier Fünftel der rohstoffverursachten CO<sub>2</sub>-Freisetzung diesem Industrieprozess zuzuordnen. Im Jahr 2011 fiel dieser Anteil auf etwas mehr als die Hälfte und verbleibt aktuell auf diesem Niveau.

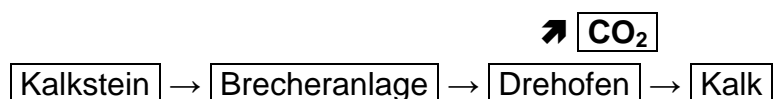
In Hessen belief sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei der Zementklinkerproduktion im Jahr 2015 auf knapp 310 000 t. Das waren gut 7500 t weniger als ein Jahr zuvor. Gegenüber 1990 reduzierte sich die emittierte Menge um 64 %.

Der hessische Anteil an den gesamten rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zementindustrie in Deutschland ist seit einigen Jahren rückläufig. Im Jahr 2009 lag er noch bei 4,3 %, zuletzt nur noch bei 2,5 %.

### 2.3 Prozessbedingte Kohlendioxidemissionen bei der Herstellung von Kalk

Der Rohstoff Kalkstein wird zerkleinert und im Drehofen gebrannt. Bei diesem Prozess wird CO<sub>2</sub> freigesetzt. Beim anschließenden Löschen mit Wasser zerfällt der Kalkstein zu Kalkpulver (Abbildung 10).

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



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Die Herstellung von Kalk ist ein weiterer wichtiger Industrieprozess bei der Entstehung prozessbedingter Emissionen in Hessen. Bis 2009 entstand durchschnittlich rund ein Fünftel der rohstoffverursachten CO<sub>2</sub>-Freisetzung in Hessen bei der Kalkherstellung. Bis zum Jahr 2015 erhöhte sich der Anteil auf 46,5 %.

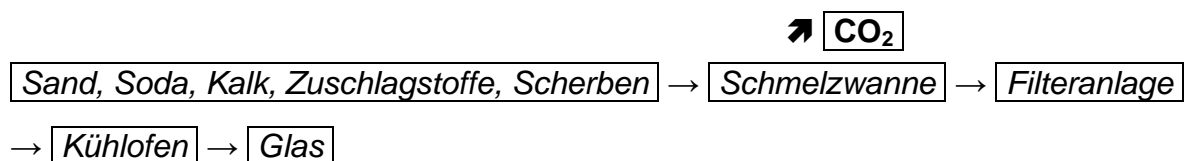
In den 1990er-Jahren nahmen die Emissionen zunächst zu und erreichten mit 245 000 t im Jahr 2000 ihren zwischenzeitlichen Höchstwert. Im folgenden Jahrzehnt schwankte die ausgestoßene CO<sub>2</sub>-Menge in Abhängigkeit von den Produktionsmengen. Zuletzt lag der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Hessen bei 274 000 t und damit etwa 18 000 t höher als ein Jahr zuvor, jedoch 22 500 t unter dem Höchstwert aus dem Jahr 2013 (296 700 t). Gegenüber dem Basisjahr 1990 verdoppelte sich die emittierte Menge.

Der hessische Anteil an den gesamten rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der deutschen Kalkindustrie unterlag bis zum Jahr 2009 nur geringfügigen Schwankungen. Seit 2010 liegt er jedoch kontinuierlich über 4 % und erreichte im Jahr 2013 sogar 6,2 %. Im Jahr 2015 lag er bei 5,5 %.

## 2.4 Prozessbedingte Kohlendioxidemissionen bei der Herstellung von Glas

Zur Herstellung von Glas werden die Rohstoffe Kalk, Sand, Soda und weitere Zusatzstoffe sowie Glasscherben gemischt und in einer Schmelzwanne geschmolzen. Das flüssige Glas wird entsprechend des jeweiligen Produktionsprofils zu weiteren Produkten verarbeitet. Die CO<sub>2</sub>-Freisetzung findet während des Schmelzprozesses statt (Abbildung 11). Glasbruch, der mit eingeschmolzen wird, erzeugt kein CO<sub>2</sub>. Für die Berechnungen des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes werden deshalb nur emissionsrelevante Rohstoffeinsatzmengen herangezogen.

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



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

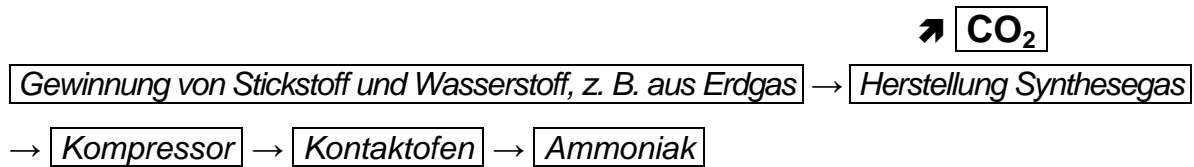
In Hessen spielen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Glasherstellungsprozessen nur eine untergeordnete Rolle. Hauptsächlich wird „fertiges“ Glas weiterverarbeitet bzw. Altglas recycelt.

Wegen der notwendigen statistischen Geheimhaltung im Falle von Einzelangaben können die ermittelten Werte nicht im Einzelnen ausgewiesen werden. Die bei der Glasherstellung emittierten CO<sub>2</sub>-Mengen wurden jedoch in der Summe der prozessbedingten Emissionen berücksichtigt. Die für das Berechnungsverfahren benötigten Rohstoffeinsatzmengen liegen erst ab dem Jahr 2003 vor, sodass für die Bezugsjahre 1995 und 2000 anhand der Produktionszahlen Annahmen bezüglich der Rohstoffeinsatzmengen getroffen werden mussten.

## 2.5 Prozessbedingte Kohlendioxidemissionen bei der Herstellung von Ammoniak

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

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



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

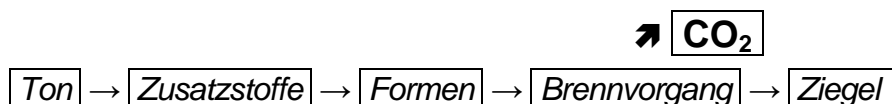
Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind abhängig von Menge und Zusammensetzung der Einsatzstoffe. Man kann davon ausgehen, dass der gesamte Kohlenstoff in CO<sub>2</sub> umgewandelt und in die Luft emittiert wird.

Ebenso wie bei der Glasherstellung fallen in Hessen jedoch kaum CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Ammoniakproduktion an. Die Produktion setzte in Hessen erst im Jahr 2001 ein. Wegen der notwendigen statistischen Geheimhaltung im Falle von Einzelangaben können die ermittelten Werte nicht im Einzelnen ausgewiesen werden, sie werden jedoch in der Summe der prozessbedingten Emissionen berücksichtigt.

## 2.6 Prozessbedingte Kohlendioxidemissionen bei der Herstellung von Mauer- und Dachziegeln

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

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



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

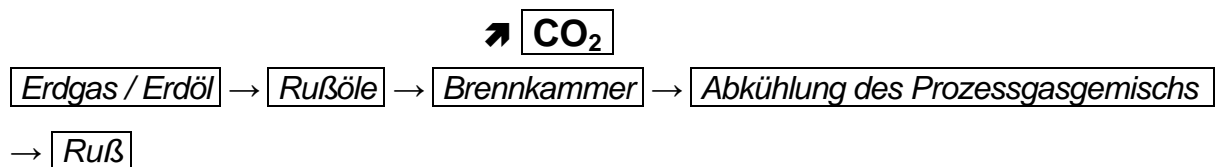
In Hessen findet nach einer mehrjährigen Unterbrechung seit 2013 wieder eine Ziegelherstellung statt, die jedoch nur geringe Mengen CO<sub>2</sub> verursacht. Wegen der notwendigen statistischen Geheimhaltung im Falle von Einzelangaben können die ermittelten Werte nicht im Einzelnen ausgewiesen werden,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

## 2.7 Prozessbedingte Kohlendioxidemissionen bei der Herstellung von Ruß (Industrieruß)

Ruß ist ein wichtiges technisches Produkt (Industrieruß), das durch unvollständige Verbrennung oder Pyrolyse von Kohlenwasserstoffen in großen Mengen hergestellt wird.

Bei dem mit Abstand wichtigsten Herstellungsverfahren für Industrieruß, das für 98 % der weltweiten Produktion eingesetzt wird, wird in einer Brennkammer ein Heißgas von 1200 bis 1800 °C durch Erdgas- oder Ölverbrennung erzeugt. In dieses Heißgas wird dann ein Rußrohstoff, meist aromatenreiche kohle- und erdölstämmige Ruß-Öle, eingedüst. Durch unvollkommene Verbrennung und thermische Spaltung (Pyrolyse) des Rußrohstoffs wird dabei der Ruß gebildet (Abbildung 14).

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



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Ausschlaggebend für die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind die Produktionsmengen. Die in Hessen produzierten Industrierußmengen sind sehr gering, sodass dadurch kaum CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht werden.

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.

## **3 Methanemissionen**

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

Methan (CH<sub>4</sub>) ist ein unmittelbar klimawirksames Spurengas, welches zur zusätzlichen Erwärmung der Atmosphäre beiträgt. Es wirkt auch indirekt als Vorläufer-substanz auf den Ozonabbau in der Stratosphäre. Daneben trägt es unter bestimmten Voraussetzungen ebenfalls zum Anstieg der Ozonkonzentration in der Troposphäre bei.

Während der 2000er Jahre gingen zwischen 35 und 50 % der weltweiten Methanemissionen auf natürliche Quellen zurück. Die wichtigste natürliche Quelle bilden Feuchtgebiete vor allem in den Tropen und den borealen Breiten, aus denen etwa 70 % aller natürlichen Methanemissionen stammten (IPCC 2013). Die übrigen Methanemissionen resultierten aus anthropogenen Quellen, v.a. aus der Viehzucht von Wiederkäuern und aus dem Nassreisanbau. Darüber hinaus spielten die Gewinnung und der Transport von Gas, der Kohlebergbau sowie die Abfalldeponierung eine wichtige Rolle.

Die Tierhaltung verursacht nach Schätzungen der Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen weltweit direkt oder indirekt etwa 40 % aller Methanemissionen. Für den Nassreisanbau wird ein Anteil von 10 bis 25 % an den weltweiten Methanemissionen angesetzt (IPCC 2007). In Deutschland trugen die Methanemissionen 2015 zu 6,2 % zu den Treibhausgasfreisetzungen bei (ausgedrückt in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten und ohne Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).

Für die Berechnungen der Methanemissionen in der hessischen Treibhausgasbilanz werden die genannten anthropogenen Quellen weitgehend berücksichtigt. Die Darstellung erfolgt für die Sektoren:

- Verkehr,
- Feuerungsanlagen,
- Energiegewinnung und -verteilung,
- Abwasserbeseitigung,
- Abfallentsorgung,
- Landwirtschaft,
- Produktionsprozesse und Produktanwendungen.

Die Berechnungen zu den Methanemissionen für das Berichtsjahr 2014 wurden im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder nach der dort festgelegten, für alle Bundesländer einheitlichen Methode durchgeführt. Der gegenwärtige Berechnungsstand basiert auf den methodischen Festlegungen des Nationalen Inventarberichts 2017 (NIR 2017), den das Umweltbundesamt unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen vorlegt. Um eine möglichst aktuelle Berichterstattung zu erreichen, wurden für das Berichtsjahr 2015 erstmals Schätzungen für Methanemissionen durch das Hessische Statistische Landesamt durchgeführt.

Die verwendete Methodik lehnt sich eng an die des Nationalen Inventarberichts sowie der UGRdL an und wird im Folgenden kurz näher beschrieben.

Es ist zu beachten, dass einige Emissionssektoren laufend neu bewertet werden. Dies gilt insbesondere für die Landwirtschaft, die Abfallentsorgung und die Abwasserbeseitigung. Die ausgewiesenen Zeitreihen können deshalb jeweils andere Werte als die vorangegangenen Berichte zur hessischen Treibhausgasbilanz enthalten. Im letztjährigen Bericht wurden erstmals auch für das Berichtsjahr 1990 Berechnungen zu den Methanemissionen berichtet. Für die einzelnen Emissionssektoren gelten folgende methodische Festsetzungen:

*Landwirtschaft:* Der Sektor bildet die direkten und indirekten Emissionen aus der Tierhaltung ab. Seit dem Berichtsjahr 2013 werden die Methanemissionen aus der Vergärung von Wirtschaftsdünger in die Berechnung einbezogen. Die UGRdL übernimmt für den gesamten Betrachtungszeitraum die Berechnungsergebnisse, die das Johann Heinrich von Thünen-Institut für den Nationalen Inventarbericht erstellt hat. Auch die Werte für das Berichtsjahr sind dieser Quelle entnommen. Die Deutschlandwerte stammen aus den Nationalen Trendtabellen des Umweltbundesamts (Stand: Januar 2017).

*Feuerungsanlagen:* Bei Feuerungsanlagen werden Wärmekraftwerke und Fernheizwerke der allgemeinen Versorgung sowie der Industrie und des Weiteren Feuerungsanlagen von Haushalten und Kleinverbrauchern einbezogen. Dazu werden relevante Energiebilanzpositionen mit spezifischen Emissionsfaktoren aus dem Nationalen Inventarbericht bewertet, um eine direktere Verbindung zum Energiesektor herstellen zu können. Die verwendeten Emissionsfaktoren werden vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt. Die Schätzung der Emissionen für das Berichtsjahr 2015 erfolgt mithilfe derselben Methodik und unter Beibehaltung der Emissionsfaktoren des Berichtsjahres 2014. Datengrundlage bildet die vorläufige Energiebilanz des Landes Hessen für das Jahr 2015.

*Abwasserbeseitigung:* Die auf Bundesebene vollzogenen methodischen Weiterentwicklungen der Methanemissionen aus der Abwasserbeseitigung wurden auch in den Berechnungen der UGRdL übernommen. Für den aktuellen Bericht wurden somit neben Emissionen aus abflusslosen Gruben auch jene aus kommunalen Kläranlagen einbezogen. Auch die Berechnung der Methanemissionen aus der kommunalen und industriellen Abwasserbehandlung wurde durch die UGRdL für die Länder weiterentwickelt und entspricht nun für alle Berichtsjahre der Methodik des Nationalen Inventarberichts. Die Neuberechnung wurde für alle Berichtsjahre durchgeführt.

*Abfallentsorgung:* Im Bereich der Abfallentsorgung werden differenzierte Länderberechnungen, denen Ergebnisse der Abfallstatistiken zugrunde liegen, durchgeführt. Einbezogen werden neben Deponien auch rein biologische sowie mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen. Die Vergärung dient der Biogasgewinnung, wodurch ein Großteil des Biogases energetisch verwertet und nur ein geringer Teil direkt an der Vergärungsanlage abgefackelt wird. Diese Gasmengen werden direkt an der Anlage statistisch erfasst und mit dem Emissionsfaktor zur Ermittlung der Methanfreisetzung gewichtet. Trotz einer gemeinsamen Vergärung von Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen erfolgt der Ausweis der Emissionen getrennt im Bereich Landwirtschaft (für Wirtschaftsdünger) und im Bereich Abfallentsorgung (für Energiepflanzen) (vTi 2016: 56f und 66f). Zum Abschluss des Berichts lagen keine Abfall-



mengen für das Berichtsjahr 2015 vor, sodass für die Emissionsschätzung jene aus dem Jahr 2014 fortgeschrieben wurden – der Einfluss auf die Emissionen ist jedoch gering, da diese größtenteils aus in der Vergangenheit abgelagerten Mengen resultieren.

*Verkehr:* Im Verkehrssektor werden Straßenverkehr, Bahn- und Schiffsverkehr, Off-road-Verkehr sowie der Flugverkehr einbezogen. Die Methanemissionen des Straßenverkehrs werden auf der Grundlage von Kraftfahrzeugbeständen, Ergebnissen der Verkehrszählungen und den daraus berechneten Jahresfahrleistungen für einzelne Fahrzeugarten und Straßenkategorien ermittelt. Dabei wird auf Daten des Bundesamts für Straßenwesen, des Kraftfahrtbundesamts und des Büros für angewandte Statistik, Aachen zurückgegriffen. Für die anderen Bereiche des Verkehrs wurden die Kraftstoffverbrauchsmengen aus der Energiebilanz, beim Luftverkehr zusätzlich dazu die Flugbewegungen herangezogen. Bei letzterem geht (wie beim CO<sub>2</sub>) nur der nationale Anteil in die Berechnungen ein. Die Bewertung hinsichtlich der Emissionen erfolgte mit Faktoren des Emissionshandbuchs des Umweltbundesamts (INFRAS 2017). Schätzungen für Methanemissionen aus dem Bahn-, Schiffs- und Offroadverkehr für das Berichtsjahr 2015 wurden mithilfe derselben Methodik durchgeführt. Für die Emissionen des Straßenverkehrs sowie des nationalen Flugverkehrs wurden Vorausschätzungen mithilfe statistischer Fehlerkorrekturmodelle verwendet.

*Energiegewinnung und -verteilung:* Da in Hessen keine Energiegewinnung stattfindet, gehen bei dieser Position nur diffuse Emissionen aus dem Gasumschlag und der Aufbereitung des Gases für die Endverbraucher ein. Die bei der Gasverteilung entstehenden Emissionen werden aus Verbrauchskennzahlen sowie aus der Gasnetzlänge berechnet. Zur Anwendung kommen Emissionsfaktoren, die das Umweltbundesamt bereitstellt. Für das Berichtsjahr 2014 kam es zu leichten Anpassungen der den Berechnungen zugrundeliegenden Daten, insbesondere bei Streckenlängen der Verteilnetze. Für die Schätzung der Emissionen aus der Gasverteilung im Berichtsjahr 2015 wurde ebenfalls ein Fehlerkorrekturmodell verwendet.

*Prozesse und Produktanwendungen:* In diesem Sektor werden die relevanten Produktionsmengen bestimmter Warenarten aus der vierteljährlichen Produktionserhebung mit spezifischen Emissionsfaktoren aus dem Nationalen Inventarbericht bewertet. Mit Umsetzung der IPCC Guidelines 2006 wurden im Berichtsjahr 2013 erstmals Emissionen durch petrochemische Prozesse und aus der Verwendung von Holzkohle berechnet. Für die Schätzung der Emissionen des Berichtsjahres 2015 wurde diese Methodik übernommen.

### **3.2 Die Methanemissionen im Einzelnen**

Im Jahr 2015 wurden in Hessen rund 86 200 t Methan emittiert. Seit 1990 haben sich die Methanemissionen kontinuierlich vermindert. Mittlerweile erreichen sie nurmehr 39 % des Wertes für das Basisjahr (Tabelle 7). Im Bund reduzierten sie sich etwas weniger stark: Hier lagen sie um knapp 54 % unter denen von 1990.

Im Jahr 2015 kamen auf jeden hessischen Einwohner 14,0 kg Methanemissionen. Auch hier ging die Menge im Untersuchungszeitraum um über 60 % zurück. Im Vergleich zu Deutschland (27,2 kg) emittiert jeder hessische Einwohner nur etwa halb so

viel Methan. Zudem hat sich hier die hessische Position seit 1990 wesentlich verbessert. 1990 lag der hessische Pro-Kopf-Ausstoß nur 36 % unter dem Deutschlandwert.

**Tabelle 7 Methanemissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2015**

Gebiet	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015 <sup>1)</sup>	1990/2015
Methanemissionen <sup>2)</sup> in t								Veränderungen in %
Hessen	222 778	199 157	150 662	116 190	97 717	88 471	86 188	- 61,3
Deutschland	4 811 733	4 198 393	3 509 455	2 739 113	2 330 382	2 240 359	2 224 643	- 53,8
Deutschland = 100								
Hessen	4,6	4,7	4,3	4,2	4,2	3,9	3,9	
Methanemissionen <sup>2)</sup> je Einwohner in kg								Veränderungen in %
Hessen	39,0	33,3	25,1	19,3	16,4	14,6	14,0	- 63,9
Deutschland	60,6	51,6	43,1	33,7	29,0	27,7	27,2	- 55,1
Deutschland = 100								
Hessen	64,3	64,6	58,2	57,3	56,4	52,7	51,6	

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

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Umweltbundesamt, NIR 2017; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Tabelle 8 zeigt neben den Mengen auch die sektorale Struktur der hessischen Methanemissionen. Im Jahr 2015 kamen mit 42 400 t immerhin knapp 50 % der Methanemissionen aus der Landwirtschaft. Dabei entfielen mehr als 80 % direkt auf die Viehhaltung (Fermentation bei der Verdauung). Der Rest entstand bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger und bei der Vergärung von Energiepflanzen. Zweitwichtigster Sektor war mit knapp 30 % die Abfallentsorgung. 14 % resultierten aus der Gasverteilung über Rohrleitungsnetze. Feuerungsanlagen machten nochmals 6 % aus. Alle anderen Sektoren waren von untergeordneter Bedeutung.

Die Bedeutung der Sektoren für die gesamten Methanemissionen hat sich im Betrachtungszeitraum signifikant verschoben. Im Jahr 1990 wurden fast 60 % des Methans von Hausmülldeponien und Kompostierungsanlagen emittiert, während die landwirtschaftliche Tierhaltung knapp 30 % der Methanemissionen abgab. Seitdem gab es eine deutliche Schwerpunktverlagerung. Zwischen 1990 und 2015 verminderten sich die Emissionen der relevanten Abfallentsorgungsanlagen um vier Fünftel von 131 200 t auf 24 400 t. Ursächlich hierfür waren die verstärkte Sammlung von Bioabfällen, die Sammlung von Wertstoffen und die getrennte Sammlung von Verpackungen und deren Verwertung. Darüber hinaus kam es zu einer verstärkten Verbrennung von Siedlungsabfällen und zur Ausweitung der mechanisch-biologischen Behandlung von Restabfällen. All dies hatte zur Folge, dass sich die Mengen der deponierten Siedlungsabfälle und die aus ihnen resultierenden Methanemissionen stark reduziert haben.

**Tabelle 8 Entwicklung der Methanemissionen in Hessen von 1990 bis 2015**

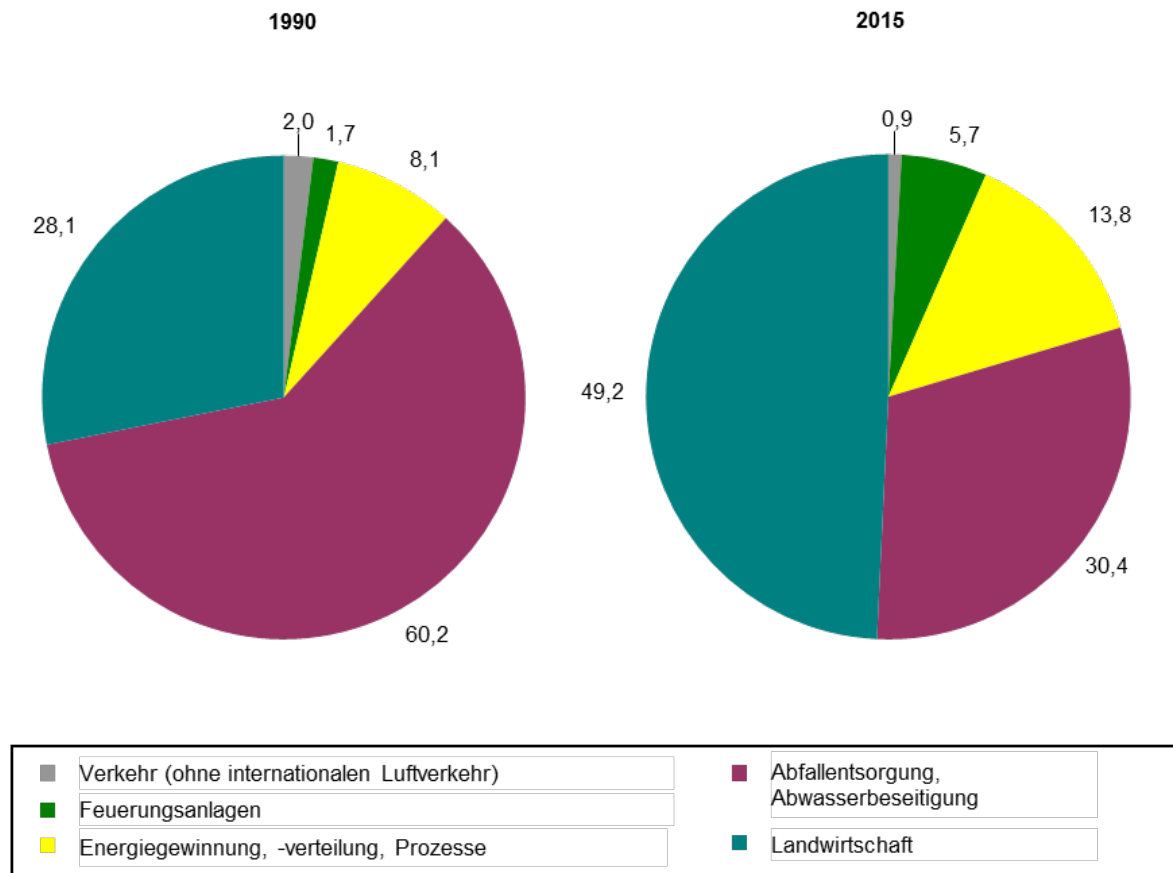
Emissionssektor	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015 <sup>1)</sup>
	Methanemissionen in t						
Verkehr gesamt <sup>2)</sup>	4 386	2 639	1 605	1 000	788	824	759
Feuerungsanlagen	3 697	2 797	3 706	4 463	5 280	4 564	4 925
Energiegewinnung/-verteilung	17 975	17 421	14 380	13 790	13 577	12 201	11 770
Abwasserbeseitigung	2 827	2 713	2 456	2 252	2 004	1 813	1 790
Abfallentsorgung	131 192	119 476	79 031	49 183	31 677	25 868	24 385
Landwirtschaft	62 688	54 078	49 422	45 425	44 285	43 091	42 445
Prozesse, Produktanwendungen	13	34	62	78	106	110	113
<b>Methanemissionen insgesamt</b>	<b>222 778</b>	<b>199 157</b>	<b>150 662</b>	<b>116 190</b>	<b>97 717</b>	<b>88 471</b>	<b>86 188</b>
	Struktur der Methanemissionen in %						
Verkehr gesamt <sup>2)</sup>	2,0	1,3	1,1	0,9	0,8	0,9	0,9
Feuerungsanlagen	1,7	1,4	2,5	3,8	5,4	5,2	5,7
Energiegewinnung/-verteilung	8,1	8,7	9,5	11,9	13,9	13,8	13,7
Abwasserbeseitigung	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1	2,0	2,1
Abfallentsorgung	58,9	60,0	52,5	42,3	32,4	29,2	28,3
Landwirtschaft	28,1	27,2	32,8	39,1	45,3	48,7	49,2
Prozesse, Produktanwendungen	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Methanemissionen insgesamt</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
	Entwicklung der Methanemissionen 1990 = 100						
Verkehr gesamt <sup>2)</sup>	100	60	37	23	18	19	17
Feuerungsanlagen	100	76	100	121	143	123	133
Energiegewinnung/-verteilung	100	97	80	77	76	68	65
Abwasserbeseitigung	100	96	87	80	71	64	63
Abfallentsorgung	100	91	60	37	24	20	19
Landwirtschaft	100	86	79	72	71	69	68
Prozesse, Produktanwendungen	100	259	471	592	810	836	865
<b>Methanemissionen insgesamt</b>	<b>100</b>	<b>89</b>	<b>68</b>	<b>52</b>	<b>44</b>	<b>40</b>	<b>39</b>

1) Vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr.

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

Auch die landwirtschaftlichen Methanemissionen haben sich gegenüber 1990 reduziert, allerdings in erheblich geringerem Umfang (– 32 %). Die Emissionsminderung ergibt sich hier hauptsächlich aus der Verringerung der Tierbestände. Insbesondere bei Rindern, die mit rund neun Zehnteln zu den landwirtschaftlichen Methanemissionen beitragen, ging der Bestand in Hessen seit 1990 um mehr als ein Drittel zurück. Der Methanaustrag bei der Gewinnung und Verteilung von Brennstoffen lag um rund 6200 t unter dem Basiswert des Jahres 1990. Aufgrund der strukturellen Veränderungen bei den Emissionssektoren hat sich der Anteil an den Gesamtemissionen bei diesem Sektor im Beobachtungszeitraum um 5,6 Prozentpunkte erhöht (Abbildung 15).

**Abbildung 15 Entwicklung der Struktur der Methanemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2015**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungen des Hessischen Statistisches Landesamts; vorläufige Werte für 2015.

In der sektoralen Verteilung der Methanemissionen zeigen sich zwischen Hessen und Deutschland insgesamt wenige Unterschiede. Beim wichtigsten Emissionssektor, der Landwirtschaft, liegt der hessische Wert (49,2 %) unter dem deutschen (58,0 %). Auch die hessischen Anteilswerte der Energiegewinnung, Feuerungsanlagen und Gasverteilung (19,4 %) liegen unter denen Deutschlands (22,0 %), da in Hessen keine Energieträger gefördert werden. Hier schlagen nur die Gasverteilung und Emissionen aus Feuerungsanlagen zu Buche sowie in geringem Maße die Umwandlungsprozesse bei der Gasbereitstellung. Mit einem Anteil von 30,4 % haben die hessischen Emissionen aus dem Entsorgungsbereich (Abfallwirtschaft, Abwasserbeseitigung) eine größere Bedeutung als im Bund (Deutschland: 18,6 %). Insbesondere der Beitrag der Hausmülldeponien war im gesamten Betrachtungszeitraum für Hessen höher.

## **4 Lachgasemissionen**

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

Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O) oder Lachgas zählt ebenfalls zu den klimarelevanten Gasen. Mit durchschnittlich 114 Jahren hat Lachgas eine relativ hohe atmosphärische Verweilzeit und ein hohes Treibhauspotenzial. Lachgas setzt sich in der Stratosphäre mit dem dort vorhandenen Ozon zu Stickstoffmonoxid um und trägt so zum Ozonabbau bei.

Die Lachgasemissionen trugen 2015 in Deutschland zu 4,3 % zu den Treibhausgasfreisetzungen bei (ausgedrückt in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten). Die wichtigsten anthropogenen Emissionen ergeben sich hauptsächlich aus der Landwirtschaft (Viehhaltung, Düngemittel, Anbau von Hülsenfrüchten, Biomasserückstände) und in zweiter Linie bei ausgewählten industriellen Produktionsprozessen (Adipin- und Salpetersäureherstellung, Nylonproduktion), wenngleich in wesentlich geringerem Umfang. Außerdem setzen Verbrennungsprozesse in Heizkraftwerken und Heizwerken sowie Fahrzeugen Lachgas frei.

Auch die Berechnungen zu den Lachgasemissionen erfolgen im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder nach der dort festgelegten einheitlichen Methode, bei der weitgehend analog zum Nationalen Inventarbericht vorgegangen wird. Der gegenwärtige Berechnungsstand basiert auf den methodischen Festlegungen des Nationalen Inventarberichts 2017. Auch in diesem Berichtsjahr wurden bei einigen Emissionssektoren Anpassungen vorgenommen, die von den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder nachvollzogen wurden. Daher können die Zeitreihen gegenüber der Berichterstattung des Vorjahres abweichen. Für die Lachgasemissionen des Jahres 2015 wurden durch das Hessische Statistische Landesamt ebenfalls erstmalig Schätzungen vorgenommen. Auch hier entspricht die verwendete Methodik weitgehend der des Nationalen Inventarberichts sowie der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder.

Für die Sektoren „Verkehr“, „Feuerungsanlagen“, „Abwasserbeseitigung und Kompostierung“ und „Landwirtschaft“ wurden die gleichen Datenquellen wie für die Berechnung der Methanemissionen herangezogen (siehe Kapitel 3.1) – unter Verwendung der spezifischen Emissionsfaktoren für Lachgas. Dasselbe gilt für die Schätzungen der Lachgasemissionen für das Berichtsjahr 2015.

Ähnlich den Methanemissionen erfolgte im Berichtsjahr 2015 eine Erweiterung der Emissionen um kommunale Kläranlagen. Auch die Berechnung der Lachgasemissionen aus der kommunalen und industriellen Abwasserbehandlung erfolgt nun für alle Berichtsjahre analog der Methodik des Nationalen Inventarberichts. Bei den genannten Produktanwendungen stehen Narkosemittel im Vordergrund.

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

Im Jahr 2015 wurden in Hessen 5400 t Lachgas freigesetzt, das waren 1,0 % weniger als ein Jahr zuvor, jedoch 35 % mehr gegenüber dem niedrigsten Stand im Jahr 2010. Bezogen auf 1990 erhöhte sich der Lachgasausstoß aktuell um rund 3,3 %. Der hessische Anteil an den Lachgasemissionen Deutschlands lag 2015 bei 4,2 %

und damit knapp einen Prozentpunkt über dem durchschnittlichen Wert im Betrachtungszeitraum. Er hat sich seit 1990 um 1,7 Prozentpunkte erhöht. Die Hauptmenge der hessischen Lachgasemissionen entfällt auf den Sektor Landwirtschaft und hierin auf eine hohe Einsatzmenge an Stickstoffdünger. Die auf Ebene der Bundesländer berechneten Werte aus der Verwendung von Stickstoffdünger spiegeln jedoch nur bedingt die tatsächlichen regional entstehenden Emissionen von Lachgas wider, da die tatsächliche Ausbringung auf den Feldern nicht abgebildet werden kann.

In Deutschland reduzierten sich die Lachgasemissionen seit 1990 und zwar um 39,9 %. Zwischen 2000 und 2009 pendelte der Ausstoß im Bundesgebiet zwischen 144 600 und 153 000 t. Im Jahr 2010 ist ein deutlicher Rückgang auf 123 500 t zu erkennen. Bestimmend für die Schwankungen ist neben der Bodennutzung in der Landwirtschaft die konjunkturelle Entwicklung in der chemischen Industrie gewesen. Für Deutschland schlägt sich vor allem die Emissionsminderung bei den Produktanwendungen und Prozessen nieder. Seit 1990 sind die Lachgasemissionen in diesem Sektor im Bund um 95 % zurückgegangen.

**Tabelle 9 Lachgasemissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2015**

Gebiet	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015 <sup>1)</sup>	1990/2015
Lachgasemissionen <sup>2)</sup> in t								Veränderungen in %
Hessen	5 269	5 030	5 225	4 403	4 043	5 501	5 444	3,3
Deutschland	218 084	204 592	144 592	145 822	123 469	129 498	131 135	- 39,9
Deutschland = 100								
Hessen	2,4	2,5	3,6	3,0	3,3	4,2	4,2	
Lachgasemissionen <sup>2)</sup> je Einwohner in kg								Veränderungen in %
Hessen	0,9	0,8	0,9	0,7	0,7	0,9	0,9	- 3,7
Deutschland	2,7	2,5	1,8	1,8	1,5	1,6	1,6	- 41,6
Deutschland = 100								
Hessen	33,5	33,5	49,0	40,8	44,0	56,7	55,3	

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

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Umweltbundesamt, NIR 2017; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.

Jedem hessischen Einwohner ist 0,9 kg Lachgas zuzurechnen. Im Jahr 2015 lagen die Lachgasemissionen pro Einwohner um 3,7% unter dem Basiswert des Jahres 1990. In Deutschland entfielen 2015 auf jeden Einwohner 1,6 kg. Der Pro-Kopf-Lachgasausstoß hat sich hier parallel zur Entwicklung der Gesamtmenge um 41,6 % vermindert. Dennoch liegt dieser spezifische Lachgasausstoß für den Bund fast doppelt so hoch wie in Hessen.

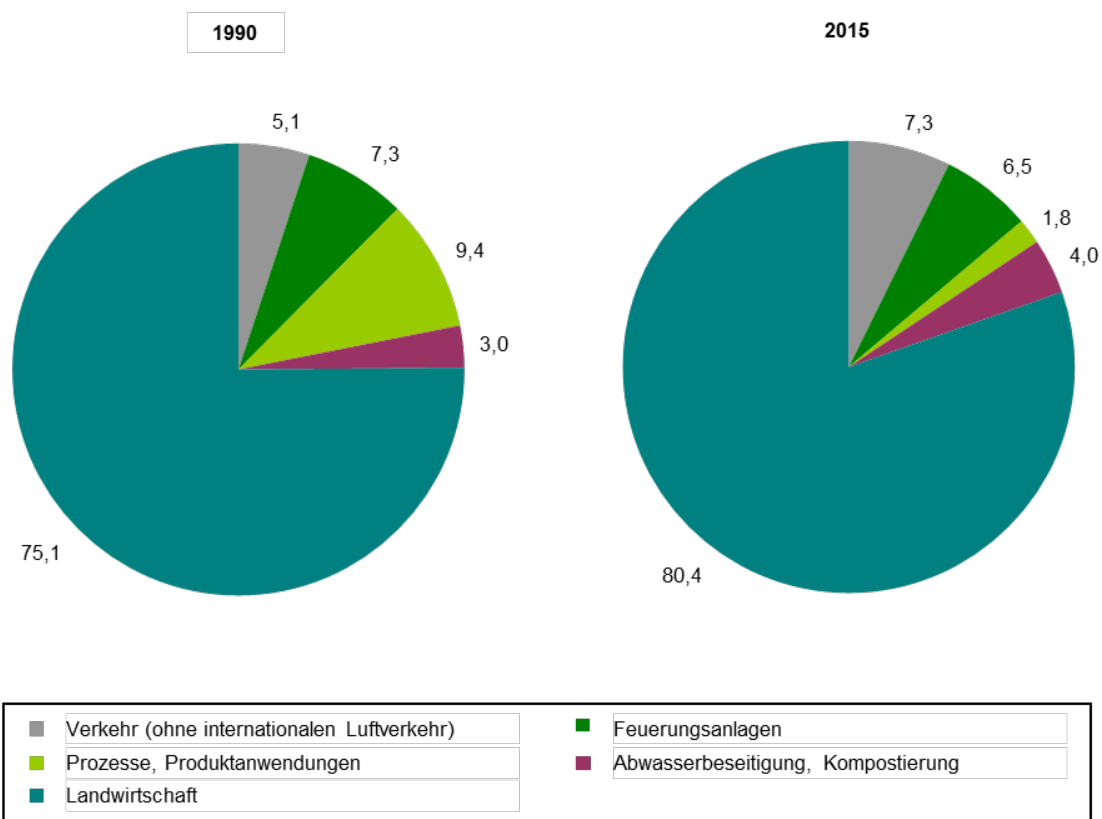
Im gesamten Betrachtungszeitraum hatten die meisten der Lachgasemissionen ihre Ursache in der Landwirtschaft, d. h. Intensivtierhaltung und industrieähnliche Pflanzenproduktion bestimmten den Lachgashaushalt in Hessen nachhaltig. Die sektorale Struktur blieb im Wesentlichen gleich, einzig im Bereich Prozesse und Produktan-

wendungen kam es sowohl relativ als auch absolut zu einem starken Rückgang (Abbildung 16).

im Jahr 1990 trug die Landwirtschaft zu 75,1 % zu den gesamten Lachgasemissionen bei. Industrielle Prozesse machten 9,4 % aus, dahinter folgten die Feuerungsanlagen mit 7,3 % und der Verkehrssektor mit 5,1 %. Abwasserbeseitigung und Kompostierung kamen zusammen auf 3,0 % (Tabelle 10).

Im Zeitverlauf erlangten die landwirtschaftlichen Emissionen in Hessen wie im Bund anteilig immer größere Bedeutung. Zuletzt lag der Emissionsanteil der Landwirtschaft im Bund bei 80,9 %. In Hessen lag er 2015 mit 80,4 % leicht darunter.

**Abbildung 16 Entwicklung der Struktur der Lachgasemissionen in Hessen in den Jahren 1990 und 2015**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungen des Hessischen Statistisches Landesamtes; vorläufige Werte für 2015.

Die Lachgasemissionen gingen in Hessen nach 1990 zunächst zurück und erreichten im Jahr 2010 ihr bisheriges Minimum. Seit 2011 zeichnet sich jedoch eine gegenteilige Entwicklung ab, die vor allem durch Emissionen im Landwirtschaftssektor beeinflusst wird. Im Jahr 2015 verzeichnete Hessen einen leichten Rückgang der Lachgasemissionen um 1,0 % gegenüber 2014.

**Tabelle 10 Entwicklung der Lachgasemissionen in Hessen von 1990 bis 2015**

Emissionssektor	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015 <sup>1)</sup>
	Lachgasemissionen in t						
Verkehr gesamt <sup>2)</sup>	268	595	480	273	347	397	398
Feuerungsanlagen	387	393	351	368	384	328	356
Abwasserbeseitigung/Kompostierung	158	178	203	197	201	215	215
Landwirtschaft	3 958	3 456	3 882	3 419	2 994	4 467	4 376
<i>darunter</i>							
<i>Bodennutzung</i>	3 241	2 837	3 310	2 859	2 436	3 930	3 847
<i>Wirtschaftsdüngermanagement</i>	717	619	571	556	541	520	512
Prozesse, Produktanwendungen	498	408	309	147	117	95	99
<b>Lachgasemissionen insgesamt</b>	<b>5 269</b>	<b>5 030</b>	<b>5 225</b>	<b>4 403</b>	<b>4 043</b>	<b>5 501</b>	<b>5 444</b>
	Struktur der Lachgasemissionen in %						
Verkehr gesamt <sup>1)</sup>	5,1	11,8	9,2	6,2	8,6	7,2	7,3
Feuerungsanlagen	7,3	7,8	6,7	8,3	9,5	6,0	6,5
Abwasserbeseitigung/Kompostierung	3,0	3,5	3,9	4,5	5,0	3,9	4,0
Landwirtschaft	75,1	68,7	74,3	77,6	74,0	81,2	80,4
<i>darunter</i>							
<i>Bodennutzung</i>	61,5	56,4	63,4	64,9	60,3	71,4	70,7
<i>Wirtschaftsdüngermanagement</i>	13,6	12,3	10,9	12,6	13,4	9,5	9,4
Prozesse, Produktanwendungen	9,4	8,1	5,9	3,3	2,9	1,7	1,8
<b>Lachgasemissionen insgesamt</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
	Entwicklung der Lachgasemissionen 1990 = 100						
Verkehr gesamt <sup>1)</sup>	100	222	179	102	130	148	149
Feuerungsanlagen	100	101	91	95	99	85	92
Abwasserbeseitigung/Kompostierung	100	113	129	125	127	136	137
Landwirtschaft	100	87	98	86	76	113	111
<i>darunter</i>							
<i>Bodennutzung</i>	100	88	102	88	75	121	119
<i>Wirtschaftsdüngermanagement</i>	100	86	80	78	75	72	71
Prozesse, Produktanwendungen	100	82	62	30	24	19	20
<b>Lachgasemissionen insgesamt</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>99</b>	<b>84</b>	<b>77</b>	<b>104</b>	<b>103</b>
1) Vorläufige Werte. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr.							

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Umweltbundesamt, NIR 2017; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts.



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

Im diesjährigen hessischen Treibhausgasbericht wird erstmalig auch der Sektor „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)“ berichtet. Da auf internationaler Ebene noch keine verbindliche Übereinkunft über die Verrechnung der Nettoemissionen des Berichtssektors LULUCF mit den Emissionen der anderen Sektoren besteht, erfolgt die Ausweisung nur nachrichtlich, d. h. die in diesem Sektor anfallenden Treibhausgasemissionen oder -einbindungen gehen nicht in die hessische Bilanz ein. Der Sektor umfasst dabei alle Emissionsquellen bzw. -senken, die direkt durch menschliches Handeln in den drei genannten Unterkategorien verursacht wurden.

Tabelle 11 zeigt die hessischen Nettoemissionen aus dem Sektor „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)“ zwischen 1990 und 2015 aufgeschlüsselt nach den drei berichteten Treibhausgasen und ausgewiesen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Die Summenpositionen setzen sich zusammen aus den Emissionsmengen in den fünf Unterkategorien Wälder, Ackerland, Grünland, Feuchtgebiete und Siedlungen. Eine Ausweisung nach diesen Unterkategorien ist jedoch aufgrund statistischer Unsicherheiten nicht möglich.

**Tabelle 11 Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft in Hessen von 1990 bis 2015**

Treibhausgas	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015 <sup>1)</sup>
	Emissionen in 1000 t CO <sub>2</sub> -Äquivalenten						
Kohlendioxid	- 5 743	- 5 784	- 5 828	- 3 116	- 4 258	- 4 383	- 4 380
Methan	2	2	2	2	2	2	2
Lachgas	23	22	21	18	21	23	24
<b>Insgesamt</b>	<b>- 5 718</b>	<b>- 5 760</b>	<b>- 5 805</b>	<b>- 3 095</b>	<b>- 4 235</b>	<b>- 4 357</b>	<b>- 4 354</b>

1) Vorläufige Werte.

Quelle: Thünen-Institut.

Im Jahr 2015 lagen die Emissionen aus dem LULUCF-Sektor bei knapp – 4,35 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, d. h. der gesamte Sektor fungierte als Emissionssenke. Sie wurden hauptsächlich bestimmt durch die Einbindung von CO<sub>2</sub> in Höhe von – 4,38 Mill. t. Dagegen gingen Methan- und Lachgasemissionen mit positiven Emissionsmengen in das Inventar ein – sie lagen im Jahr 2015 bei 2000 t bzw. 24 000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente.

In erster Linie verantwortlich für die gebundenen Mengen CO<sub>2</sub> waren die hessischen Waldflächen. Aber auch Grünland trug einen Teil zur Einbindung von Kohlenstoff bei. Dagegen fungierten die Unterkategorien Ackerland, Feuchtgebiete und Siedlungen als Emissionsquellen. Für die Treibhausgase Methan und Lachgas kam es in allen Unterkategorien zu positiven Emissionen. Bei Methan resultierten diese aus Grünland. Lachgas wurde vor allem in Wäldern, Ackerland und Siedlungen emittiert.

Verglichen mit dem Basisjahr ging die Einbindung von Treibhausgasen um knapp 24 % zurück. Hauptgrund hierfür war eine gesunkene Senkenwirkung der hessischen Wälder aufgrund verstärkter wirtschaftlicher Nutzung – im Jahr 1990 betrug die Ein-

bindung von CO<sub>2</sub> in hessischen Wäldern noch – 5,74 Mill. t CO<sub>2</sub>. Die Methan- und Lachgasemissionen des LULUCF-Sektor blieben dagegen über den Betrachtungszeitraum fast unverändert (Methan: – 2,8 %; Lachgas: + 1,6 %).

## 6 Schlussbetrachtung

Die Hessische Treibhausgasbilanz gibt einen Überblick über die Entwicklung und Struktur der Emissionen der mengenmäßig bedeutendsten Klimagase Kohlendioxid, Methan und Lachgas für das Bundesland Hessen. Dafür stehen seit 1990 Ergebnisse zur Verfügung. Für die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen – als Hauptquelle der klimawirksamen Emissionen – wurden die Energiebilanzen des Landes zugrunde gelegt. Die prozessbedingten Emissionen wurden anhand der Produktionszahlen ausgewählter Herstellungsprozesse berechnet. Bei den Treibhausgasen Methan und Lachgas wurden vor allem die Landwirtschaft, die Abfallentsorgung, Energieübertragungsprozesse sowie der Ausstoß des Verkehrs, der Abwasserbeseitigung und weiterer ausgewählter Quellen berücksichtigt.

Zwischen 1990 und 1996 stieg der energiebedingte CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Hessen zunächst merklich an, was unter anderem auf den wachsenden Energiesektor sowie steigende Verkehrszahlen zurückzuführen war. Danach setzte eine deutlich rückläufige Entwicklung ein. Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen lagen im Jahr 2015 um 6,6 Mill. t unter denen des Basisjahres 1990 (Tabelle 12).

**Tabelle 12 Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2015 nach Sektoren (Auszug aus Tabelle 1)**

Emissionssektor	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015 <sup>1)</sup>
	CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mill. t						
Energieerzeugung/-umwandlung	6,9	9,5	9,8	9,5	9,6	6,2	7,4
Industrie	6,1	5,8	4,3	3,8	3,2	2,8	2,8
Verkehr <sup>2)</sup>	14,4	15,0	15,9	13,9	13,1	13,7	13,9
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>	15,3	16,7	14,6	15,1	12,7	11,3	11,9
<b>Energiebedingte Emissionen im Inland<sup>1)</sup></b>	<b>42,6</b>	<b>47,0</b>	<b>44,5</b>	<b>42,3</b>	<b>38,6</b>	<b>34,0</b>	<b>36,1</b>
<i>Nachrichtl.: Internationaler Luftverkehr<sup>4)</sup></i>	<i>7,9</i>	<i>9,5</i>	<i>11,6</i>	<i>12,3</i>	<i>11,8</i>	<i>12,8</i>	<i>13,4</i>

1) Vorläufige Werte. – 2) Nur inländischer Luftverkehr. – 3) Einschließlich militärischer Dienststellen. – 4) Ohne nichtenergetischen Verbrauch und ohne internationalen Luftverkehr. – 5) Internationaler Anteil am gesamten zivilen Luftverkehr..

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

Der Rückgang der absoluten Mengen an CO<sub>2</sub>-Emissionen im Zeitraum 1990 bis 2015 führte in Hessen in Verbindung mit dem Anstieg der Zahl der Einwohner und des Bruttoinlandsprodukts zu einem deutlichen Rückgang der spezifischen Emissionen. Sie unterscheiden sich zudem im Vergleich zu Deutschland in der Höhe sowohl pro Einwohner als auch bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt oder den Primärenergieverbrauch klar:

- Die hessischen Pro-Kopf-Emissionen an CO<sub>2</sub> waren im Jahr 2015 mehr als ein Drittel niedriger als die des Bundes.
- Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) wurde in Hessen im Vergleich zu Deutschland im Jahr 2015 mit einem um 44 % niedrigeren CO<sub>2</sub>-Ausstoß erwirtschaftet.
- Bei der CO<sub>2</sub>-Intensität des Primärenergieverbrauchs ist das Niveau abhängig davon, auf welche Weise der internationale Flugverkehr beim Primärenergieverbrauch zum Ansatz kommt. Im Jahr 2015 lag der hessische Wert bei voll-

ständiger Einbeziehung aller Mineralölprodukte in den Primärenergieverbrauch um ein Viertel unter dem von Deutschland. Ohne die Flugturbinenkraftstoffe für den internationalen Luftverkehr im Primärenergieverbrauch betrug die Differenz lediglich 10 %.

Um das Gesamtpotential der Emissionen für Hessen zu bewerten, werden die Emissionsdaten summarisch auf der Basis von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten dargestellt. Dabei werden die Methan- und Lachgasmengen mit dem „Global Warming Potential“ (GWP) entsprechend der Höhe ihres klimawirksamen Potentials gewichtet. Diese Größe bildet die mittlere Erwärmungswirkung des entsprechenden Stoffes in der Atmosphäre über einen bestimmten Zeitraum (meist mit einem Zeithorizont von 100 Jahren) ab. Bezogen wird der Wert auf die Klimawirksamkeit von CO<sub>2</sub>, welches als Referenzsubstanz gilt.

Die Gewichtungsfaktoren werden jeweils in den IPCC-Guidelines veröffentlicht. Es wurden die Faktoren der revidierten Version von 2006 (IPCC 2006) verwendet, die auch dem Berechnungsstand im Rahmen der Nationalen Inventarberichterstattung und der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen entsprechen. Die nachstehende Tabelle 13 zeigt neben den jeweiligen GWP-Werten die Emissionsmengen für Hessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

**Tabelle 13 Entwicklung der Emissionen in Hessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten von 1990 bis 2015**

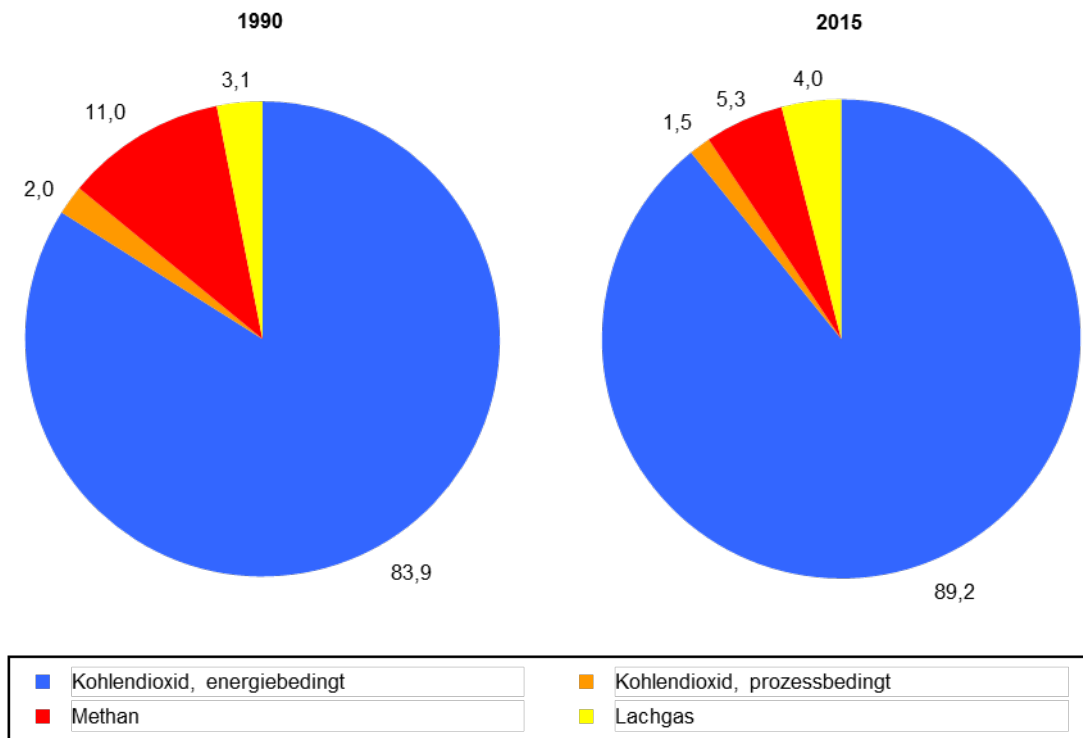
Treibhausgas	Chemische Formel	GWP	1990	1995	2000	2010	2014	2015 <sup>1)</sup>	1990/2015
			Menge in 1000 t CO <sub>2</sub> -Äquivalenten						Veränderung in %
Kohlendioxid	CO <sub>2</sub>	1	43 658	47 914	45 490	39 318	34 553	36 655	- 16,0
Energiebedingt <sup>2) 3)</sup>	CO <sub>2</sub>	1	42 638	47 019	44 522	38 625	33 974	36 065	- 15,4
Prozessbedingt	CO <sub>2</sub>	1	1 020	895	968	693	579	590	- 42,2
Methan <sup>3)</sup>	CH <sub>4</sub>	25	5 569	4 979	3 767	2 443	2 212	2 155	- 61,3
Lachgas <sup>3)</sup>	N <sub>2</sub> O	298	1 570	1 499	1 557	1 205	1 639	1 622	3,3
<b>Insgesamt</b>			<b>50 798</b>	<b>54 392</b>	<b>50 814</b>	<b>42 965</b>	<b>38 404</b>	<b>40 432</b>	<b>- 20,4</b>

1) Vorläufige Werte. – 2) Ohne nichtenergetischen Verbrauch. – 3) Ohne internationalen Luftverkehr.

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

Im Jahr 2015 machten die energie- und prozessbedingten Emissionen von CO<sub>2</sub> in Hessen mit 36,7 Mill. t etwa 91 % des Emissionsgeschehens von 40,4 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten aus. 5,3 % bzw. 4,0 % der Emissionen entfielen auf Methan respektive Lachgas. An dieser Struktur hat sich seit 1990 wenig geändert. Lediglich der Anteil des Methans hat sich halbiert. Dies schlägt sich auch im Anteil von Lachgas nieder, der sich in den vergangenen Jahren um etwa 0,9 Prozentpunkte erhöhte (Abbildung 17).

**Abbildung 17 Entwicklung der Struktur der Gesamtemissionen in Hessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten in den Jahren 1990 und 2015**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungen des Hessischen Statistisches Landesamts; vorläufige Werte für 2015.

Zu 89 % entstammten die Emissionen des Jahres 2015 dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß aus stationären und mobilen Verbrennungsprozessen (energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen). Die Landwirtschaft sowie die Abfallentsorgung, als Hauptverursacher der Methan- und Lachgasemissionen, kamen auf Anteile an den CO<sub>2</sub>-Äquivalenten von 5,8 % bzw. 1,6 %. Die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen erreichten 1,5 %. Alle weiteren Quellen spielten eine eher untergeordnete Rolle. Bei dieser Betrachtung muss beachtet werden, dass energiebedingte Emissionen der Landwirtschaft oder der Abfallentsorgung in den entsprechenden Sektoren der CO<sub>2</sub>-Bilanz erfasst sind und dass die prozessbedingten Emissionen sich ausschließlich auf die CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei chemischen Reaktionen in bestimmten Herstellungsprozessen beziehen.

Die Summe der Treibhausgasemissionen (in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) ging in Hessen seit 1990 um gut ein Fünftel zurück. Die Emissionen einzelner Treibhausgase haben sich dabei sehr unterschiedlich entwickelt. So betragen die Emissionsveränderungen von 1990 bis 2015 bei einer mengenmäßigen Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente:

Kohlendioxid	– 16,0 %,
Methan	– 61,3 %,
Lachgas	+ 3,3 %.

Zur Verminderung der Treibhausgasemissionen in Hessen trug die Abfallentsorgung – in erster Linie bei Methan – in Höhe von rund 81 % in besonderem Maße bei. Diese

Abnahme resultiert überwiegend aus dem Rückgang der deponierten Abfallmengen und aus den Entwicklungen im Bereich Deponietechnik (Stilllegung, Abdeckung, Deponiegasfassung und -verwertung). Dadurch verminderte sich der Beitrag der Abfallentsorgung zu den Gesamtemissionen von 6,5 % im Jahr 1990 auf die genannten 1,6 % im Jahr 2015. Die Landwirtschaft verursachte im Betrachtungszeitraum geringere Emissionen (– 13,9 %), ihr Anteil an den Gesamtemissionen wuchs indessen angesichts der Rückgänge in den anderen Sektoren von 5,4 % auf 5,8 % leicht an.

Während die Methanemissionen in der Landwirtschaft seit 1990 rückläufig sind (- 32 %), haben die Emissionen von Lachgas wieder zugenommen (+ 11 %). Der Anstieg geht dabei überwiegend auf den vermehrten Einsatz von Stickstoffdünger zurück. Die auf Ebene der Bundesländer berechneten Werte aus der Verwendung von Stickstoffdünger spiegeln jedoch nur bedingt die tatsächlichen regional entstehenden Emissionen von Lachgas wider, da die tatsächliche Ausbringung auf den Feldern nicht abgebildet werden kann.

---

## Verwendete Abkürzungen

CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
FKW	Vollfluorierte Kohlenwasserstoffe
GWP	Global Warming Potential (engl.) = Globales Treibhauspotential
HBEFA	Handbuch für Emissionsfaktoren
HFKW	Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe
IPCC	Intergovernmental Panel On Climate Change (engl.) = Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen
Mill.	Million(en)
N <sub>2</sub> O	Distickstoffoxid = Lachgas
NF <sub>3</sub>	Stickstofftrifluorid
NACE	Nomenclature générale des activités économiques dans les Communautés Européennes (franz.) = Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft
NE-Metalle	Nichteisenmetalle
NIR	National Inventory report (engl.) = Nationaler Inventarbericht
Rev.	Revision (franz.) = Überarbeitungsstand
SF <sub>6</sub>	Schwefelhexafluorid
t	Tonne(n)
TJ	Terajoule
UBA	Umweltbundesamt
UGRdL	Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen
vTI	Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei
WZ	Wirtschaftszweig(e)

---

## Quellenverweis

- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, [www.ag-energiebilanzen.de](http://www.ag-energiebilanzen.de).
- Arbeitskreis Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder, [www.statistik-hessen.de/erwerbstaetigenrechnung](http://www.statistik-hessen.de/erwerbstaetigenrechnung).
- Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder, [www.ugrdl.de](http://www.ugrdl.de).
- Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, [www.vgrdl.de](http://www.vgrdl.de).
- Arikan, S. (2015), „Regionale Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen: Neue Methoden und neue Ergebnisse“, in: Staat und Wirtschaft in Hessen 6/2015.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2016), „Klimaschutzplan 2050. Klimapolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung“, Berlin.
- Emmel, W. (2015), „Das Europäische System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen 2010: Einführung in die Regionalrechnungen“, in: Staat und Wirtschaft in Hessen 2/2015.
- Haenel, Rösemann et al. (2016), „Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2014: Report on methods and data (RMD) Submission 2016“, Thünen Report 39, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) (2017), „Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025“, Wiesbaden.
- Hessisches Statistisches Landesamt (HSL) (2016), „Nachhaltigkeitsstrategie Hessen. Ziele und Indikatoren – Fortschrittsbericht 2016“, Wiesbaden.
- INFRAS (2017), „Handbuch für Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs. Version 3.3“, <http://www.hbefa.net/>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006), “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, IGES, Japan.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007), “Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, Cambridge/New York.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013), “Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, Cambridge/New York.
- Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008).
- Länderarbeitskreis Energiebilanzen, [www.lak-energiebilanzen.de](http://www.lak-energiebilanzen.de).
- Rösemann, Haenel et al. (2017), „Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2015: Report on methods and data (RMD) Submission 2017“, Thünen Report 46, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.



- Statistisches Bundesamt, [www.destatis.de](http://www.destatis.de)
- Umweltbundesamt (2017a), „Nationaler Inventarbericht (NIR) zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2015“, Dessau.
- Umweltbundesamt (2017b), „Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2015“, Dessau.

## **Anhang**

## Anhang 1: Demographische und gesamtwirtschaftliche Entwicklung

Die Entwicklung der Emissionen einer Region oder eines Staates hängt stark 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 Daten erleichtern.

Für die Darstellung der demographischen Entwicklung lagen zum Redaktionsschluss die Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011 vor. Demnach lebten in Hessen im Jahr 2015 mit 6,1 Millionen Menschen 7,5 % der Bevölkerung Deutschlands. Zwischen 1990 und 2003 wuchs die hessische Bevölkerung kontinuierlich an. In diesem Zeitraum kamen pro Jahr im Schnitt 24 000 Einwohner hinzu. Nach dieser lang anhaltenden Expansionsphase verminderte sich die Zahl der Einwohner 2004 erstmals leicht um 2000 Personen. Nach dem Jahr 2003 ging die Bevölkerungszahl bis 2010 durchgehend um insgesamt 60 000 Personen zurück. Ab 2010 wurde wieder ein jährlicher Zuwachs von durchschnittlich 33 200 Personen verzeichnet. Die Einwohnerzahl in Hessen lag zuletzt um 418 000 Personen oder 7,3 % über der des Jahres 1990.

**Tabelle 14 Entwicklung der Bevölkerung in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1990 bis 2015**

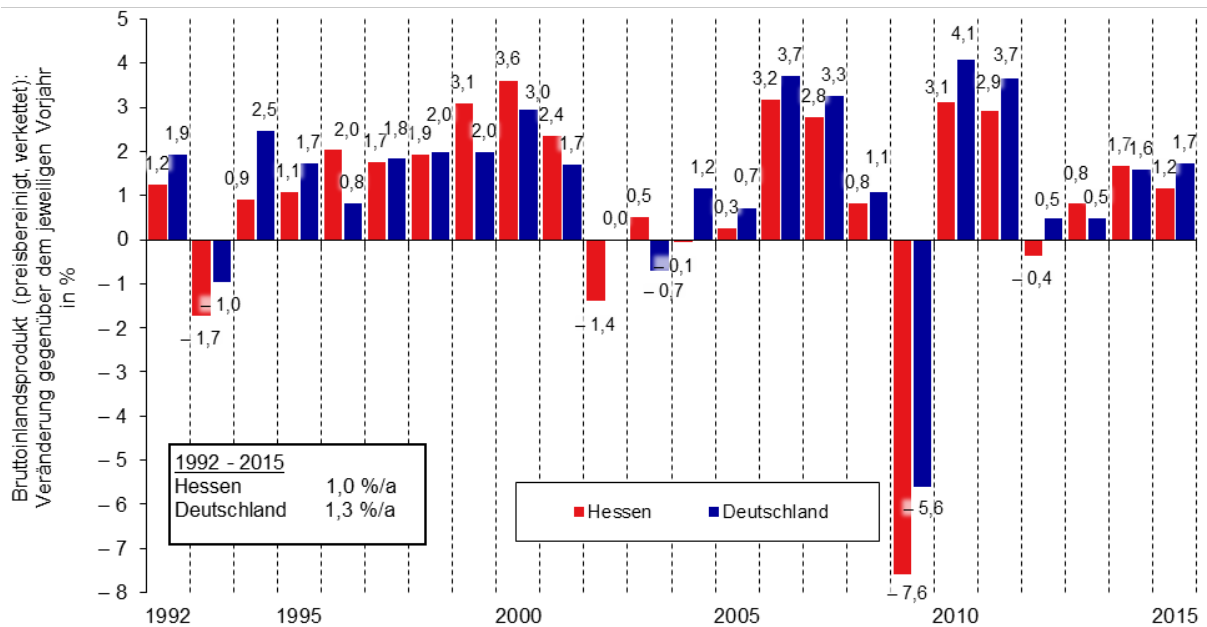
Jahr	Hessen	Deutschland			Hessen im Vergleich zu	
		Alte <sup>1)</sup>	Neue <sup>2)</sup>	Insgesamt	den alten Bundesländern <sup>1)</sup>	Deutschland insgesamt
		Bundesländer			%	
Einwohner in 1000 im Jahresdurchschnitt						
1990	5 717	61 107	18 257	79 363	9,4	7,2
1995	5 972	63 722	17 586	81 308	9,4	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
2014	6 070	65 036	15 947	80 983	9,3	7,5
2015	6 135	65 640	16 046	81 687	9,3	7,5

1) Ohne Berlin. – 2) Einschl. Berlin.  
2015 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, Berechnungsstand August 2016.

In Deutschland lag der Bevölkerungszuwachs gegenüber dem Basisjahr bei nur 2,9 %, wobei die Einwohnerzahl hier zwischen 2003 und 2011 zurückging. Die hessische Bevölkerungsentwicklung verlief also insgesamt dynamischer als in Deutschland. Sie hat sich jedoch etwas langsamer entwickelt als im Durchschnitt der alten Bundesländer, deren Bevölkerung seit 1990 um 7,4 % angewachsen ist. Die neuen Bundesländer haben im Gegenzug in den letzten 25 Jahren etwa ein Achtel ihrer Einwohner verloren (Tabelle 14).

**Abbildung 18 Veränderung des Bruttoinlandsproduktes in Hessen und in Deutschland von 1992 bis 2015**



Quellen: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, Berechnungsstand August 2016; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamts; Fortschreibungsergebnisse für 2015.

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 Wirtschaftsraumes wie des Landes Hessen. 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. Nunmehr muss zwischen zwei Darstellungsweisen unterschieden werden: Bei Zeitreihen, für die die Preise nun jeweils für das Vorjahr bereinigt werden, stehen nur noch Kettenindizes bzw. Veränderungsrate zur Verfügung. Für Strukturvergleiche, z. B. zwischen Hessen und Deutschland, werden jeweilige Preise (nominales Bruttoinlandsprodukt) verwendet. Basisjahr der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen ist 1991. Im Rahmen der Revision 2014 stand die europaweite Einführung des neuen Europäischen Systems der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (ESVG) 2010 im Vordergrund.<sup>6</sup> Deutschlandweit wurde das Bruttoinlandsprodukt 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).

<sup>6</sup> Die mit Abstand quantitativ bedeutendste Konzeptänderung, die sich auf das Bruttoinlandsprodukt auswirkt, ist die Behandlung von Aufwendungen für Forschung und Entwicklung als Anlageinvestitionen.

Zeitgleich und unabhängig wurden auch die revidierten Daten der Bundesagentur für Arbeit berücksichtigt, die wiederum den stärksten Einfluß auf die Niveauekorrektur in der regionalen Erwerbstätigenrechnung hatte (Emmel 2015).<sup>7</sup> Aus der Umsetzung der Revision 2014 in der Erwerbstätigenrechnung resultiert eine Niveauehebung im Durchschnitt aller Länder im Jahr 2010 von 433 000 Personen oder 1,1 %. In Hessen gab es im Durchschnitt der revidierten Jahre einen Anstieg von rund 32 100 Erwerbstätigen oder 1,0 %.

Das Wirtschaftswachstum unterlag im Betrachtungszeitraum Schwankungen. 2011 war der Erholungsprozess beendet, der auf die Finanzkrise der Jahre 2008 und 2009 gefolgt war. Das hessische Bruttoinlandsprodukt wuchs im Jahr 2015 preisbereinigt um 1,2 %. Im gesamten Zeitraum von 1992 bis 2015 stieg es um durchschnittlich 1,0 % pro Jahr. In Deutschland stieg das Bruttoinlandsprodukt 2015 gegenüber 2014 preisbereinigt um 1,7 %. Die Wachstumsrate im gesamten Beobachtungszeitraum fiel im Bundesdurchschnitt mit 1,3 % pro Jahr etwas höher aus als in Hessen (Abbildung 18).

**Tabelle 15 Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2015**

Jahr	Hessen	Deutschland			Hessen im Vergleich zu	
		Alte <sup>1)</sup>	Neue <sup>2)</sup>	Insgesamt	den alten Bundesländern <sup>1)</sup>	Deutschland insgesamt
Mill. Euro in jeweiligen Preisen					%	
1991	150 118	1 404 585	175 215	1 579 800	10,7	9,5
1995	170 870	1 606 164	292 716	1 898 880	10,6	9,0
2000	194 512	1 799 706	316 774	2 116 480	10,8	9,2
2005	212 255	1 960 396	340 464	2 300 860	10,8	9,2
2010	227 171	2 191 138	388 922	2 580 060	10,4	8,8
2014	254 265	2 483 514	440 416	2 923 930	10,2	8,7
2015	262 159	2 572 257	460 563	3 032 820	10,2	8,6

1) Ohne Berlin. – 2) Einschließlich Berlin.  
2015 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, Berechnungsstand August 2016.

Das hessische Bruttoinlandsprodukt betrug 2015 nominal 262 Milliarden Euro (Tabelle 15). Damit erreichte Hessen einen Anteil am Bruttoinlandsprodukt von Deutschland von 8,6 % – im Vergleich zu einem Bevölkerungsanteil von nur 7,5 %.

Im Durchschnitt trug jeder hessische Einwohner im Jahr 2015 mit rund 42 700 Euro zum Bruttoinlandsprodukt bei, das sind 9,0 % mehr als in den alten Bundesländern (39 200 Euro). Im Vergleich zu den neuen Bundesländern, bei denen das Bruttoinlandsprodukt je Einwohner nur bei durchschnittlich 28 700 Euro lag, waren es sogar 48,9 % mehr. Der Bundesdurchschnitt von 37 100 Euro je Einwohner wurde um

<sup>7</sup> In der Überarbeitung kam es zu einer erweiterten Abgrenzung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten. Sie betrifft die Beschäftigten in anerkannten Werkstätten für Behinderte und die Einbeziehung von Personen, die einen Bundesfreiwilligendienst leisten.

15,1 % übertroffen (Tabelle 16). Im höheren Bruttoinlandsprodukt je Einwohner spiegelt sich die insgesamt größere Wirtschaftskraft Hessens wider.

**Tabelle 16 Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes je Einwohner in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2015**

Jahr	Hessen	Deutschland			Hessen im Vergleich zu	
		Alte <sup>1)</sup>	Neue <sup>2)</sup>	Insgesamt	den alten Bundesländern <sup>1)</sup>	Deutschland insgesamt
		Bundesländer			%	
Euro in jeweiligen Preisen je Einwohner						
1991	25 892	22 687	9 701	19 754	114,1	131,1
1995	28 613	25 206	16 645	23 354	113,5	122,5
2000	32 349	27 959	18 539	25 983	115,7	124,5
2005	35 238	30 226	20 660	28 288	116,6	124,6
2010	38 057	34 059	24 382	32 137	111,7	118,4
2014	41 891	38 187	27 618	36 106	109,7	116,0
2015	42 732	39 187	28 702	37 128	109,0	115,1

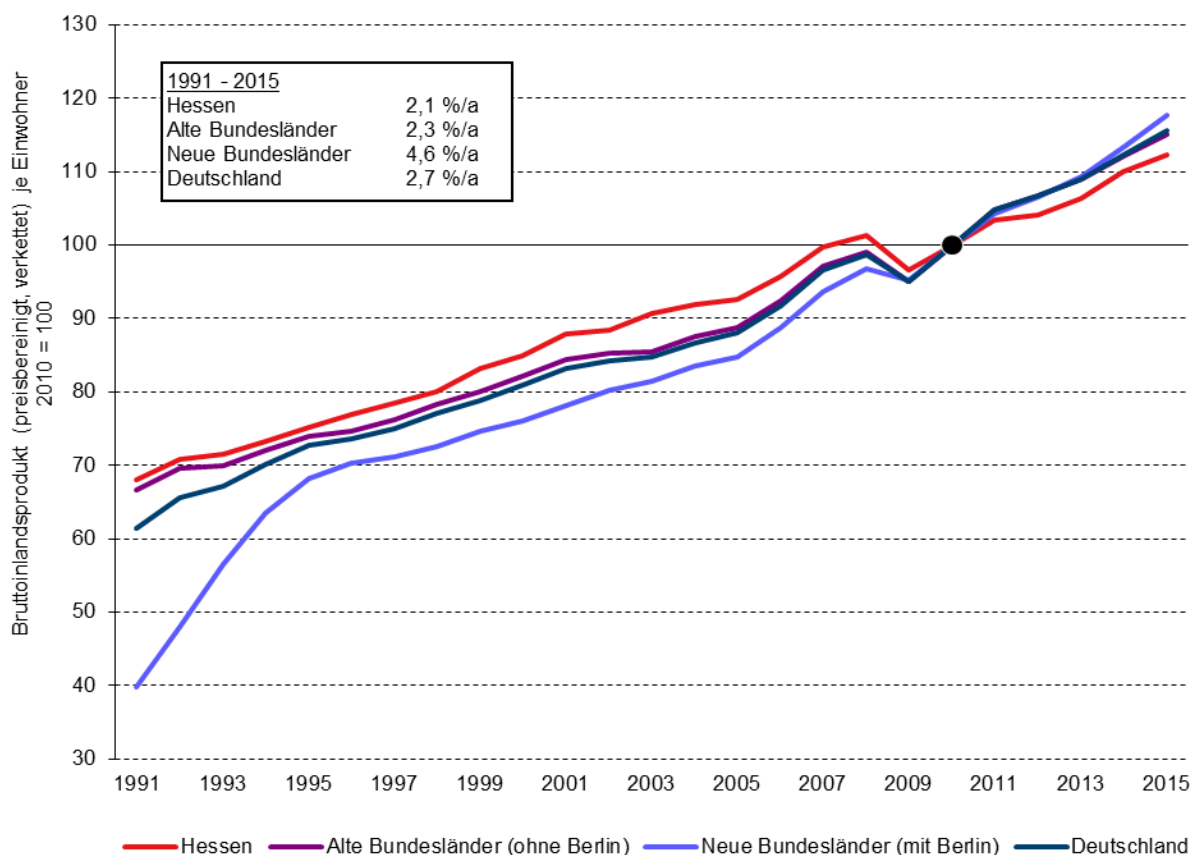
1) Ohne Berlin. – 2) Einschließlich Berlin.

2015 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, Berechnungsstand August 2016.

Das preisbereinigte Bruttoinlandsprodukt je Einwohner ist von 1991 bis 2015 in Hessen mit jahresdurchschnittlichen 2,1 % langsamer als im Bund (2,7 %) gestiegen (Abbildung 19). Darin kommt neben dem Bevölkerungsrückgang auch das stärkere Wirtschaftswachstum der neuen Länder in der ersten Hälfte der neunziger Jahre zum Ausdruck, die sich von einem weit geringeren Niveau ausgehend entwickelten. Doch auch im Vergleich mit den übrigen Ländern des früheren Bundesgebietes (durchschnittlich 2,3 %; ohne Berlin) wuchs die wirtschaftliche Leistung in Hessen unterdurchschnittlich.

**Abbildung 19 Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt, verkettet) je Einwohner in Hessen, in Deutschland sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2015**



Quellen: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, Rechenstand August 2016; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes; Fortschreibungsergebnisse für 2015.

Bei der Struktur der Bruttowertschöpfung gibt es große Unterschiede zwischen Hessen und Deutschland. In Hessen ist der tertiäre Sektor stärker ausgeprägt als in der Bundesrepublik. Im Jahr 2015 war allein der Wirtschaftsbereich „Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleister, Grundstücks- und Wohnungswesen“ mit etwa einem Drittel an der realen Bruttowertschöpfung aller Wirtschaftsbereiche beteiligt. In Deutschland trug der Bereich nur zu gut einem Viertel zur Bruttowertschöpfung bei. Der Bereich „Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation“ spielte in Hessen als „Transitland“ mit internationalem Luftverkehrsdrehkreuz mit einem Anteil von knapp 23 % eine geringfügig größere Rolle als in Deutschland insgesamt mit knapp 21 %. Dagegen fiel 2015 der Beitrag des Segments „Öffentliche und private Dienstleister“ mit rund 20 % in Hessen niedriger aus als in Deutschland (22 %). Auch das Produzierende Gewerbe hatte in Hessen mit 21 % ein geringeres gesamtwirtschaftliches Gewicht als in Deutschland (rund 26 %). Das Baugewerbe trug zu 3,5 % und die Landwirtschaft nur zu 0,3 % zur hessischen Bruttowertschöpfung bei (Tabelle 17).

**Tabelle 17 Struktur der Bruttowertschöpfung in Hessen und in Deutschland nach Wirtschaftsbereichen von 1991 bis 2015**

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
Hessen insgesamt							
1991	100	0,7	27,9	4,7	20,8	29,7	16,1
1995	100	0,6	23,8	4,8	20,8	32,6	17,5
2000	100	0,5	22,5	4,0	21,5	33,7	17,7
2005	100	0,4	21,5	3,0	22,3	35,0	17,9
2010	100	0,3	21,3	3,5	22,3	33,8	18,8
2014	100	0,3	21,5	3,7	22,2	32,3	19,9
2015	100	0,3	20,8	3,5	22,6	32,6	20,2
Deutschland insgesamt							
1991	100	1,2	30,9	6,0	19,7	22,4	19,8
1995	100	1,0	26,1	6,8	19,7	25,2	21,1
2000	100	1,1	25,8	5,1	20,6	26,1	21,3
2005	100	0,8	25,5	3,9	21,1	27,2	21,6
2010	100	0,7	25,9	4,3	20,4	26,7	22,0
2014	100	0,8	26,0	4,5	20,5	26,1	22,1
2015	100	0,6	25,9	4,6	20,6	26,1	22,2

2015 Fortschreibungsergebnisse auf Basis des Zensus 2011.

Quellen: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungsstand August 2016.

Dabei hatte sich in den vergangenen 25 Jahren sowohl in Hessen als auch in Deutschland ein deutlicher 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 28 % bzw. knapp 30 % etwa gleich hoch. 2015 dominierte der letztgenannte Wirtschaftsbereich. Der Unterschied zwischen den Bereichen betrug nun rund 12 Prozentpunkte. In Deutschland war die Industrie 1991 sogar der anteilstärkste Wirtschaftsbereich. Seither hat sich das Verhältnis bei Industrie und Unternehmensdienstleistern bundesweit gleichfalls zugunsten der letztgenannten verschoben.

Die auf den tertiären Sektor ausgerichtete Wirtschaftsstruktur Hessens spiegelt sich auch in der Erwerbstätigkeit wider. So waren im Jahr 2015 in Hessen im Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Informations- und Kommunikationsbereich, bei Finanz- und Unternehmensdienstleistern sowie im Grundstücks- und Wohnungswesen zusammen knapp die Hälfte der insgesamt 3,3 Millionen Erwerbstätigen beschäftigt. Für Deutschland kamen diese Wirtschaftsbereiche auf einen Anteil von 43 %. Das Produzierende Gewerbe machte in Hessen 16,3 % aus. Im Bundesgebiet lag sein Anteil 2,5 Prozentpunkte höher. Die Beschäftigung in Landwirtschaft und Baugewerbe hat in Hessen wie im gesamten Bundesgebiet eine geringere Bedeutung (Tabelle 18).



**Tabelle 18 Zahl der Erwerbstätigen in Hessen und in Deutschland nach Wirtschaftsbereichen von 1991 bis 2015**

Jahr	Erwerbstätige insgesamt	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe	Baugewerbe	Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation	Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleister, Grundstücks- und Wohnungswesen	Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung, Gesundheit	
	in 1000	Sektorale Struktur der Erwerbstätigen in %						
	Hessen insgesamt							
1991	2 952	2,0	26,5	6,2	28,6	12,6	24,2	
1995	2 946	1,6	23,1	6,4	28,1	14,4	26,4	
2000	3 117	1,2	19,8	5,6	28,2	18,2	27,0	
2005	3 077	1,0	17,9	4,9	28,2	19,7	28,3	
2010	3 177	1,0	16,5	5,0	27,6	20,7	29,2	
2014	3 305	0,9	16,6	5,1	27,5	20,7	29,3	
2015	3 335	0,9	16,3	5,1	27,4	20,8	29,5	
	Deutschland insgesamt							
1991	38 790	3,0	28,3	7,4	25,2	9,7	26,3	
1995	37 958	2,3	23,2	8,7	25,6	11,3	28,8	
2000	39 917	1,9	21,2	7,3	26,2	13,9	29,6	
2005	39 326	1,7	19,9	5,8	26,3	15,4	30,9	
2010	41 020	1,6	18,8	5,7	25,9	16,7	31,3	
2014	42 672	1,5	18,9	5,7	25,9	17,1	30,9	
2015	43 069	1,5	18,8	5,6	25,7	17,2	31,2	

Quellen: Arbeitskreis Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder; Berechnungsstand August 2017.

## **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).

### **Einwohner**

Zu den Einwohnern Deutschlands gehören alle Personen (Deutsche und Ausländer), die im Bundesgebiet ihren ständigen Wohnsitz haben. Nicht zu den Einwohnern zählen jedoch die Angehörigen ausländischer Missionen und Streitkräfte. Die Einwohner werden in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung 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.

**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 Gesamtrechnung ist der Kettenindex die zentrale Größe der Preisbereinigung. Bei allen preisbereinigten Aggregaten und Kennziffern ergeben sich die Veränderungsdaten und Messzahlen der einzelnen Zeitreihen anhand des Kettenindex. Er ist auf ein Basisjahr normiert, wobei europaweit 2005 = 100 gilt. Die Wahl des Basisjahres hat keinen Einfluss auf die Werte der Veränderungsdaten.

**Preiskonzept**

Die 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 ist die in den eingesetzten Energieträgern, die noch keiner Umwandlung unterworfen wurden (z. B. Steinkohle, Braunkohle, Rohöl oder Erdgas), gebundene Energiemenge. Er umfasst somit die Energiedarbietung der ersten Stufe.

### **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.

### **Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen**

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

HESSEN



**Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz**

Mainzer Straße 80  
65189 Wiesbaden