

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

**HESSEN**



# **Treibhausgasbilanz für das Land Hessen**

## **Bilanzjahr 2007**



**erstellt vom Hessischen Statistischen Landesamt  
und dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie**

**Juni 2011**



## Copyright

© Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, 2011

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

## Autoren

Dr. Anne-Katrin Wincierz, Hessisches Statistisches Landesamt

Jacek Zwania, Hessisches Statistisches Landesamt

## Redaktion

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

## Zeichenerklärungen

- = genau Null (nichts vorhanden) bzw. keine Veränderung eingetreten oder 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

Auftrag und methodische Hinweise	8	
Vorbemerkungen	10	
1	Energiebedingte Kohlendioxid-Emissionen	11
1.1	Methode der Bilanzierung energiebedingter Kohlendioxid-Emissionen	11
1.2	Die energiebedingten Kohlendioxid-Emissionen im Überblick (Quellenbilanz)	13
1.3	Indikatoren zur Entwicklung der energiebedingten Kohlendioxid-Emissionen (aus der Quellenbilanz)	21
1.4	Verursacherbezogene Kohlendioxid-Emissionen	25
2	Kohlendioxid-Emissionen aus Industrieprozessen	29
2.1	Ermittlung prozessbedingter Kohlendioxid-Emissionen	29
2.2	Prozessbedingte Kohlendioxid-Emissionen bei der Herstellung von Zementklinker	31
2.3	Prozessbedingte Kohlendioxid-Emissionen bei der Herstellung von Kalk	31
2.4	Prozessbedingte Kohlendioxid-Emissionen bei der Herstellung von Glas	32
2.5	Prozessbedingte Kohlendioxid-Emissionen bei der Herstellung von Ammoniak	33
2.6	Prozessbedingte Kohlendioxid-Emissionen bei der Herstellung von Mauer- und Dachziegeln	33
2.7	Prozessbedingte Kohlendioxid-Emissionen bei der Herstellung von Ruß (Industrieruß)	34
3	Methan-Emissionen	36
3.1	Methode zur Ermittlung der Methan-Emissionen und Berechnungsstand	36
3.2	Die Methan-Emissionen im Einzelnen	38
4	Lachgas-Emissionen	42
4.1	Methode zur Ermittlung der Lachgas-Emissionen	42

4.2	Die Lachgas-Emissionen im Einzelnen	42
5	Schlussbetrachtung	46
	Verwendete Abkürzungen	50
	Quellenverweis	51
	Anhang	52
	Anhang 1: Demographische und gesamtwirtschaftliche Entwicklung	53
	Anhang 2: Glossar	61

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2007 nach Sektoren	15
Tabelle 2	Struktur der CO <sub>2</sub> -Emissionen der Industrie in Hessen im Jahr 2007	18
Tabelle 3	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2007	20
Tabelle 4	Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen bezogen auf Einwohner, Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch in Hessen und Deutschland von 1990 bzw. 1991 bis 2007	22
Tabelle 5	Effektive CO <sub>2</sub> -Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen 2007	27
Tabelle 6	Entwicklung der prozessbedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen 1995 bis 2009	30
Tabelle 7	Methan-Emissionen in Hessen und in Deutschland 1995 bis 2007	38
Tabelle 8	Entwicklung der Methan-Emissionen in Hessen 1995 bis 2007	39
Tabelle 9	Lachgas-Emissionen in Hessen und in Deutschland 1995 bis 2007	43
Tabelle 10	Entwicklung der Lachgas-Emissionen in Hessen 1995 bis 2007	44
Tabelle 11	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2007 nach Sektoren (Auszug aus Tabelle 1)	46
Tabelle 12	Entwicklung der Emissionen in Hessen in CO <sub>2</sub> -Äquivalenten in den Jahren 1995 bis 2007	47
Tabelle 13	Entwicklung der Bevölkerung in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2009	53
Tabelle 14	Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes in Hessen sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2009	55
Tabelle 15	Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes je Einwohner in Hessen sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2009	56
Tabelle 16	Struktur der Bruttowertschöpfung in Hessen und in Deutschland nach Wirtschaftsbereichen von 1991 bis 2009	58
Tabelle 17	Zahl der Erwerbstätigen in Hessen und Deutschland nach Wirtschaftsbereichen von 1991 bis 2009	60

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2007	14
Abbildung 2	Entwicklung der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen von 1990 bis 2007 nach Sektoren	16
Abbildung 3	Entwicklung der sektoralen Struktur der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2007	19
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 2007	25
Abbildung 5	Quellen- und verursacherbezogene CO <sub>2</sub> -Emissionen der Hauptemittentensektoren in Hessen 2007	26
Abbildung 6	Verursacherbezogene CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen 2007 (Sankey-Diagramm)	28
Abbildung 7	Entwicklung der prozessbedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen in Hessen 1995 bis 2009	30
Abbildung 8	Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Zementklinkerherstellung	31
Abbildung 9	Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Kalkherstellung	32
Abbildung 10	Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Glasherstellung	32
Abbildung 11	Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Ammoniakherstellung	33
Abbildung 12	Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Ziegelherstellung	34
Abbildung 13	Schematische Darstellung der CO <sub>2</sub> -Freisetzung bei der Rußherstellung	34
Abbildung 14	Entwicklung der Methan-Emissionen in Hessen in den Jahren 1995 und 2007	40
Abbildung 15	Entwicklung der Lachgas-Emissionen in Hessen in den Jahren 1995 und 2007	45
Abbildung 16	Entwicklung der Gesamtemissionen in Hessen in CO <sub>2</sub> -Äquivalenten in den Jahren 1995 und 2007	48
Abbildung 17	Veränderung des Bruttoinlandsproduktes in Hessen und in Deutschland von 1992 bis 2009	54
Abbildung 18	Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt, verkettet) je Einwohner in Hessen sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2009	57

---

## Hessische Treibhausgasbilanz

### Auftrag und methodische Hinweise

Die Treibhausgasbilanz für das Land Hessen für das Bilanzjahr 2007 wurde im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie erstellt. Der Bericht enthält darüber hinaus vergleichende Betrachtungen für den Zeitraum von 1990 bzw. 1995 bis 2007.

Mit den Emissionen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) werden für Hessen in einem ersten Schritt die wichtigsten Stoffe des Kyoto-Protokolls dargestellt. Es ist davon auszugehen, dass sie, wie für die Bundesrepublik im Nationalen Inventarbericht (National Inventory Report, NIR) 2010 insgesamt dargestellt, auch in Hessen rund 98 % der direkt klimawirksamen Emissionen (in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) ausmachen. Die fluorierten Kohlenwasserstoffe sind auf Bundesebene lediglich zu etwa 1,9 % an den gesamten Emissionen beteiligt. Diese restlichen drei Stoffgruppen – wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW) und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) – 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 im Rahmen der nationalen Treibhausgas-Berichterstattung ausgewiesenen Einbindungen von Treibhausgasen in Senken sind zum jetzigen Zeitpunkt ebenfalls noch nicht auf Bundesländer übertragbar. Hier wird zurzeit geprüft, ob die Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder aus dem Modul LULUCF (Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft, engl.: Land Use, Land Use Change and Forestry) mittelfristig länderspezifische Daten erhalten kann.

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.

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 Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 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 Lachgas-Emissionen erfolgen im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder nach der dort festgelegten, für alle Bundesländer einheitlichen Methode. Bei allen Berechnungsfeldern wird weitgehend analog zur Methode vorgegangen, die vom Umweltbundesamt bei der Erstellung des Nationalen Inventarberichts im Rahmen der Berichterstattung unter der UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC) eingesetzt wird. Die methodischen Grundlagen für die Berechnungsfelder werden den Mitgliedern des Länderarbeitskreises Energie-

bilanzen und des Arbeitskreises „Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder“ 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. In der Treibhausgasbilanz wird der Flugverkehr für die Analyse des Emissionsgeschehens in Hessen also abweichend von den Buchungsvorschriften des Länderarbeitskreises Energiebilanzen gesondert betrachtet.

In Hessen erfolgte die Treibhausgasbilanzierung bisher kontinuierlich nur für die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Als Basisjahr wurde hier analog zur internationalen Berichterstattung 1990 gewählt. Die Bilanzierung der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen basiert auf 1995. Hauptgrund für das spätere Bezugsjahr ist, dass weiter zurückliegende statistische Daten nicht zu ermitteln waren bzw. nicht in der erforderlichen Abgrenzung zur Verfügung standen. Bei den prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen sind wegen der guten Datenlage bereits aktuellere Aussagen bis 2009 möglich. Für die Treibhausgase Methan und Lachgas konnte ebenfalls bedingt durch die statistische Datenlage nur 1995 als Basisjahr ausgewählt werden.

Der Bericht zur Treibhausgasbilanz gliedert sich in fünf Kapitel. Das *erste* Kapitel, welches die Analysen des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung im Rahmen der bisherigen Energieberichterstattung der Hessischen Landesregierung fortführt, 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. Lachgas-Emissionen. Der Methodenbeschreibung folgt jeweils eine Gegenüberstellung der hessischen und der gesamtdeutschen Entwicklung. Das *fünfte* Kapitel enthält zum Abschluss eine Gesamtbetrachtung 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 stieg die CO<sub>2</sub>-Konzentration seit Beginn der industriellen Revolution weltweit um fast 40 %. Die Methankonzentration erhöhte sich um rund 150 %, und die von Lachgas ist um 18 % gewachsen. Weitere Treibhausgase, die überwiegend nicht aus natürlichen, sondern aus synthetischen Quellen stammen, werden durch den Einsatz und die Verwendung von FCKW, Halonen, FKW, HFKW sowie SF<sub>6</sub> an die Atmosphäre abgegeben (NIR 2010). Als gesichertes wissenschaftliches Erkenntnis gilt mittlerweile, dass der Treibhauseffekt und die daraus resultierende Klimaerwärmung überwiegend anthropogen (durch menschliches Handeln) verursacht sind. Das bestätigt der Vierte Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen des IPCC (2007) 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) haben sich die Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention erstmalig verbindlich auf bestimmte Reduktionsziele festgelegt. Abgeleitet von den Zielen für die Industrienationen hat auch die Europäische Gemeinschaft konkrete Reduktionsverpflichtungen übernommen, die im Rahmen der Lastenteilung zwischen den Mitgliedstaaten aufgeteilt wurden. Daraus resultierend, hat sich Deutschland völkerrechtsverbindlich verpflichtet, die nationalen Treibhausgasemissionen – als die zusammengefassten Emissionen von CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFKW, FKW und SF<sub>6</sub> – bis 2008 / 2012 um 21 % gegenüber dem Basisjahr 1990 (bzw. 1995) zu reduzieren.

Vor diesem Hintergrund ist es nicht nur von Interesse, wie sich die Treibhausgas-Emissionen in der gesamten Volkswirtschaft entwickeln. Auch die Kenntnis der regionalen Veränderungen gibt wichtige Aufschlüsse über die Gesamtentwicklung. Deshalb ist der Aufbau eines Systems zur jährlichen Treibhausgas-Bilanzierung im Bundesland Hessen folgerichtig und wegen des wachsenden Interesses der Öffentlichkeit sowie der Politik auch notwendig. Unter anderem bilden die Treibhausgasemissionen nunmehr einen wichtigen Zielindikator im Bereich Ökologie im Rahmen der hessischen Nachhaltigkeitsstrategie.

# **1 Energiebedingte Kohlendioxid-Emissionen**

## **1.1 Methode der Bilanzierung energiebedingter Kohlendioxid-Emissionen**

Das farb- und geruchlose Gas Kohlendioxid ist mit einer Konzentration von rund 0,04 % ein natürlicher Bestandteil der Luft. Es entsteht sowohl bei der vollständigen Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Substanzen als auch 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 (NIR 2010) ausgewiesen, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe für das Jahr 2008 rund 81 % der klimawirksamen Emissionen (bezogen auf die Gesamtemissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) ausmachen.

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 Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 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 – differenziert nach Energieträgern und Einsatzbereichen – 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 eingehen, tragen sie nicht zum energiebedingten CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei. Diese „Rohstoffmengen“ werden deshalb nicht mit Emissionsfaktoren bewertet. (Gleichwohl sind sie jedoch für die Energiebilanz als Verbrauch an Brennstoffen von

Interesse.) Biogene Energieträger, wie Brennholz, Klärgas oder Biotreibstoffe, kommen ebenfalls nicht zum Ansatz. Sie 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 2003 (WZ 2003), basierend auf der europäischen NACE, Rev. 1.1, 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.

Bei der Quellenbilanz handelt es sich um eine auf den Primärenergieverbrauch eines Landes bezogene Darstellung der Emissionen, unterteilt nach den Emissionsquellen

---

<sup>1</sup> Diese Aufteilung erfolgte für Deutschland bis einschl. NIR 2009 mit einem konstanten Wert für den nationalen Anteil von 20 %. Für Hessen wurde dieser Wert bis einschl. der Treibhausgasbilanz 2005 ebenfalls verwendet. Da sich die diesem Anteil zugrunde liegenden Passagierzahlen für nationale und internationale Flüge seit 1990 stark verändert haben und die IPCC Guidelines 2006 eine Aufteilung entsprechend des Flugtreibstoffverbrauchs vorschreiben, wurde die Zeitreihe für Deutschland ab dem Nationalen Inventarbericht 2009 vollständig neu berechnet (siehe dazu NIR 2009, Kapitel 3.1.5.1). Die nunmehr auf der Basis von Flugbewegungen ermittelten nationalen Anteilwerte weichen erheblich von der bisher verwendeten konstanten Aufteilung ab. Die Prozentanteile entwickeln sich degressiv. Sie sanken von 20 % im Jahr 1990 auf 8,2 % im Jahr 2007 (NIR 2010). Im aktuellen Bilanzjahr machen die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem (nationalen) Luftverkehr in Hessen gegenüber dem alten Berechnungsansatz nur noch rund 40 % aus.

Umwandlungsbereich und Endenergieverbrauch. Dabei bleiben die mit dem aus anderen Bundesländern oder dem Ausland bezogenen Strom zusammenhängenden Emissionen 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.

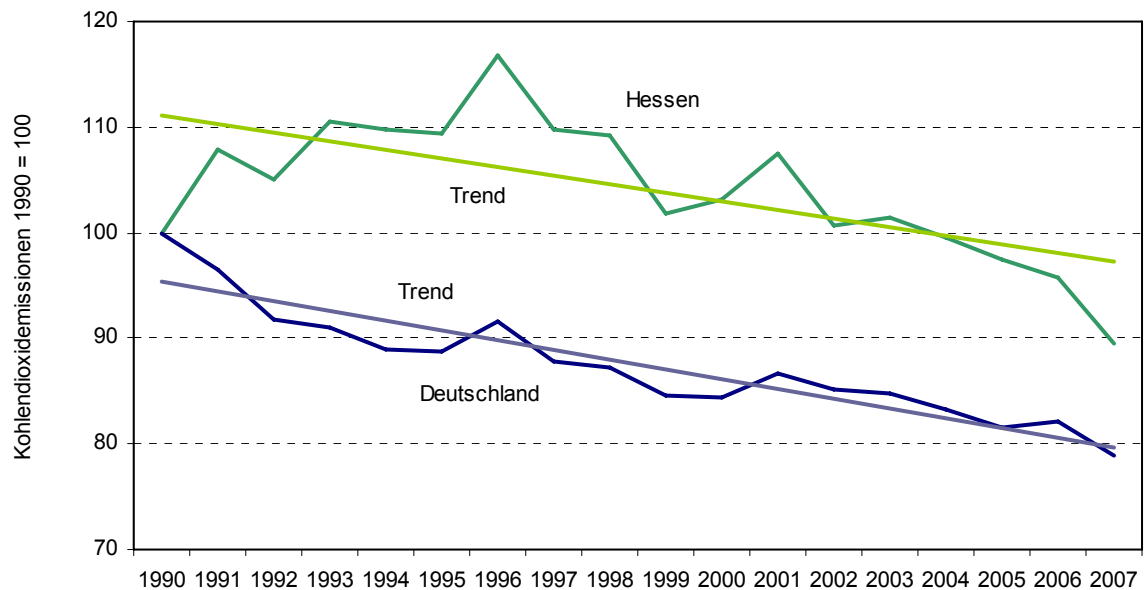
Die Quellenbilanz ermöglicht Aussagen über die Gesamtmenge des im Land emittierten CO<sub>2</sub>. Wegen des Stromaustauschs sind jedoch keine direkten Rückschlüsse auf das Verbrauchsverhalten der Endenergieverbraucher und den dadurch verursachten Beitrag zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Landes 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 Kohlendioxid-Emissionen im Überblick (Quellenbilanz)

Im Jahr 2007 wurden in Hessen energiebedingt – ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs – insgesamt 38,9 Mill. t CO<sub>2</sub> emittiert. Gegenüber 2006 reduzierte sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 2,7 Mill. t (– 6,4 %). Die CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen damit zum vierten Mal in Folge unter dem Wert des Basisjahres 1990. Die Verminderung gegenüber 1990 betrug rund 4,5 Mill. t CO<sub>2</sub> oder 10,4 %.

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 50,7 Mill. t ihren absoluten Höchstwert. Sie lagen damit um rund 17 % 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 sanken die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen im Jahr 2007 um 11,8 Mill. t oder 23 %.

**Abbildung 1 Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2007**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; DIW; Umweltbundesamt; Berechnungen des Hessischen Statistisches Landesamtes.

In Deutschland erreichten die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2007 eine Höhe von 749,0 Mill. t. Sie waren damit 3,9 % niedriger als ein Jahr zuvor. Im Vergleich zum Basisjahr 1990 verminderten sie sich um insgesamt gut 21 %. Dabei wurde der größte Teil der Gesamtminderung in der ersten Hälfte der neunziger Jahre erreicht. So waren die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland schon im Jahre 1995 um gut 11 % geringer als 1990 (Abbildung 1). Hauptgrund war die überdurchschnittliche Verminderung der Emissionen in den neuen Bundesländern, die vor allem dem dortigen Strukturwandel geschuldet ist. In den alten Bundesländern hatten sie sich sogar etwas erhöht.

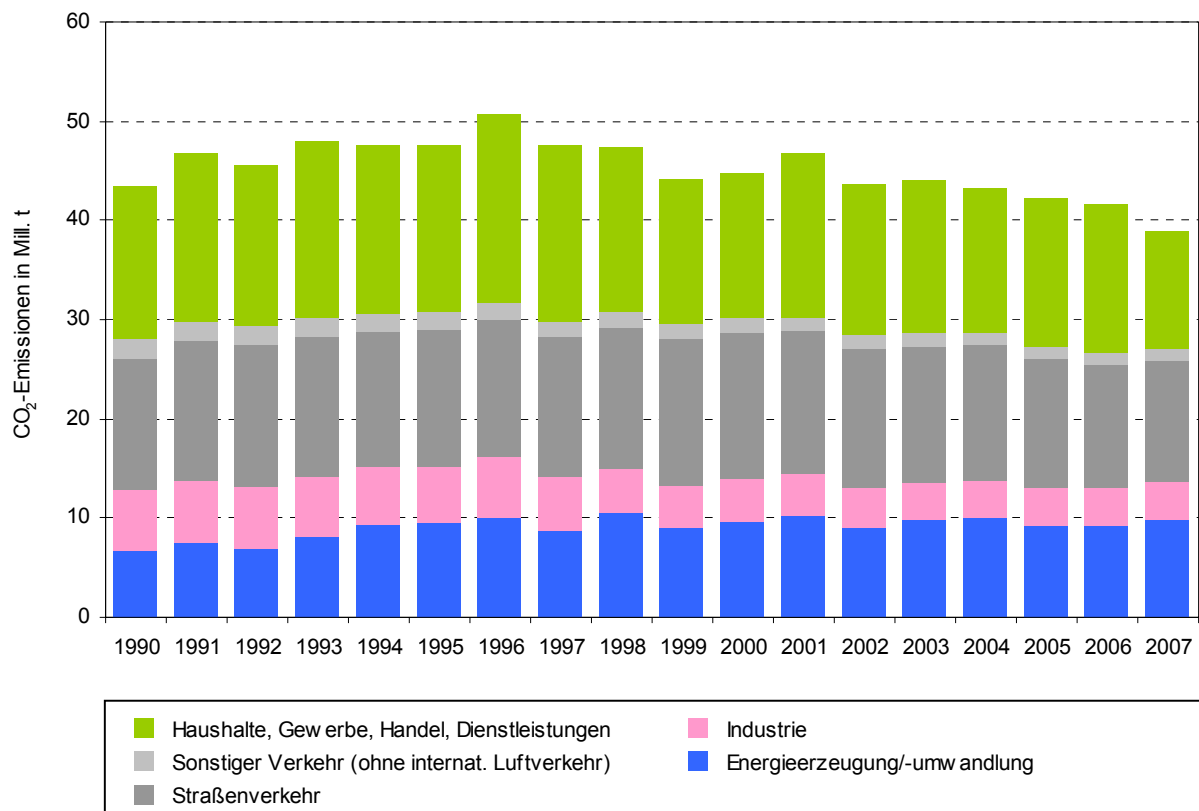
**Tabelle 1 Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2007 nach Sektoren**

Emissionssektor	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mill. t									
Energiebedingte Emissionen im Inland <sup>1)</sup>	43,4	47,5	44,8	46,7	43,7	44,0	43,2	42,3	41,6	38,9
Energieerzeugung/ -umwandlung	6,7	9,5	9,7	10,2	9,2	9,8	10,1	9,3	9,3	9,8
Industrie	6,1	5,8	4,3	4,3	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,8
Verkehr	15,3	15,5	16,2	15,8	15,4	14,9	14,9	14,1	13,6	13,4
Schienenverkehr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Straßenverkehr	13,3	13,7	14,6	14,3	14,0	13,6	13,6	12,9	12,4	12,2
Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
Binnenschifffahrt	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>	15,3	16,7	14,6	16,4	15,3	15,4	14,5	15,1	15,0	11,9
<i>Nachrichtl.: Internationaler Luftverkehr<sup>4)</sup></i>	6,9	8,6	11,3	11,2	11,3	11,5	11,6	12,1	11,6	12,0
	Struktur der CO <sub>2</sub> -Emissionen in %									
Energiebedingte Emissionen im Inland <sup>1)</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Energieerzeugung/ -umwandlung	15,5	19,9	21,7	21,8	21,0	22,3	23,3	22,0	22,3	25,2
Industrie	13,9	12,2	9,5	9,2	8,8	8,7	8,7	8,9	8,9	9,7
Verkehr	35,3	32,7	36,2	33,8	35,3	34,0	34,5	33,4	32,8	34,5
Schienenverkehr	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Straßenverkehr	30,6	28,9	32,6	30,6	32,1	30,9	31,6	30,4	29,9	31,4
Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>	4,0	3,2	3,2	2,8	2,9	2,7	2,5	2,6	2,6	2,8
Binnenschifffahrt	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>	35,3	35,2	32,6	35,2	34,9	35,0	33,6	35,7	36,0	30,6
<i>Nachrichtl.: Internationaler Luftverkehr<sup>4)</sup></i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen 1990 = 100									
Energiebedingte Emissionen im Inland <sup>1)</sup>	100	109	103	108	101	101	100	97	96	90
Energieerzeugung/ -umwandlung	100	141	145	152	137	146	150	139	138	146
Industrie	100	95	71	71	63	63	62	63	61	63
Verkehr	100	101	106	103	101	97	97	92	89	87
Schienenverkehr	100	87	73	70	68	65	62	54	51	51
Straßenverkehr	100	103	110	107	106	102	103	97	93	92
Luftverkehr (national) <sup>2)</sup>	100	88	83	77	73	70	63	64	62	62
Binnenschifffahrt	100	97	44	42	37	39	44	49	42	25
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>3)</sup>	100	109	95	107	100	101	95	99	98	78
<i>Nachrichtl.: Internationaler Luftverkehr<sup>4)</sup></i>	100	125	163	161	163	166	167	175	168	174
<p>1) Ohne nichtenergetischen Verbrauch und ohne internationalen Luftverkehr. – 2) Nur inländischer Luftverkehr (Übernahme des jahresspezifischen Faktors für Deutschland aus dem NIR 2010). – 3) Einschließlich militärische Dienststellen. – 4) Für den internationalen Anteil am gesamten zivilen Luftverkehr Übernahme des jahresspezifischen Faktors aus dem NIR 2010.</p>										

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; DIW; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes.

Tabelle 1 und Abbildung 2 zeigen die absolute Höhe und die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den einzelnen Sektoren. Der hessische *Energiesektor* emittierte im Jahr 2007 9,8 Mill. t CO<sub>2</sub>. Im Vergleich zu 1990 legte der Sektor damit um 3,1 Mill. t oder 46 % 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 10,4 Mill. t. In den darauf folgenden Jahren sanken sie nur noch einmal (1999) unter das Niveau von 9 Mill. t. Die unterschiedliche Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Energiesektors hängt aber auch mit der von Jahr zu Jahr differierenden Bruttostromerzeugung der betreffenden Kraftwerke zusammen. Hierbei spielen Rohstoffpreise und -verfügbarkeit, Wartungen bzw. Revisionen 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. Dies schlägt sich in einer Steigerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes im Vergleich zum Vorjahr um 6 % nieder.

**Abbildung 2 Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2007 nach Sektoren**



Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt; DIW; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes.

Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß aus dem *Verkehr* betrug im Jahr 2007 13,4 Mill. t. Hier war bis zum Ende der neunziger Jahre eine Zunahme der Emissionen zu beobachten. Den höchsten Stand erreichten sie mit 16,4 Mill. t im Jahr 1999. Danach gingen sie im

Durchschnitt um ca. 400 000 t pro Jahr zurück, so dass der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Verkehrssektors nun deutlich – und zwar um über 12 % – unter das Niveau des Basisjahres 1990 zurückgefallen ist.

Über neun Zehntel der gesamten inländischen Verkehrsemissionen kamen 2007 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 eine nachhaltige Verminderung ein. Der Wert des Basisjahres wurde um 8 % unterschritten.

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 um 52 % gestiegen. Passagierzahl und Frachtaufkommen wuchsen sogar um 83 bzw. 78 %. Dementsprechend steigerten sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Luftverkehr von 1990 bis 2007 um 51 %. Die stärkere Gewichtung des internationalen Anteils (vgl. Fußnote 1, Seite 12) bewirkt allerdings, dass die hierdurch verursachten Emissionen überproportional anstiegen. Sie betragen 1990 6,9 Mill. t. Bis 2007 hatten sie sich um 74 % auf 12 Mill. t erhöht. Im Gegenzug verminderten sich die national anrechenbaren Emissionen nun kontinuierlich. Sie lagen 2007 bei 1,08 Mill. t CO<sub>2</sub> und hatten sich damit gegenüber 1990 um 653 000 t reduziert.

Die hessische *Industrie* senkte ihre energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in den untersuchten 18 Jahren um 2,3 Mill. t. Im Bereich „*Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen*“, der unter anderem die privaten Haushalte und das Kleingewerbe umfasst, waren die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2007 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. Im jüngsten Rückgang um über 20 % wirkt sich allerdings maßgeblich die Mehrwertsteuererhöhung zum Ende des Jahres 2006 aus. Vorgezogene Käufe von Heizöl vor der Steueränderung zogen eine entsprechende Zurückhaltung im Folgejahr nach sich.

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 4,2 Prozentpunkte. Dies ist eine Folge der Verschiebungen in der Wirtschaftsstruktur seit 1990. Der Beitrag des Verkehrssektors lag zuletzt ebenfalls knapp unter dem des Basisjahres (– 0,8 Prozentpunkte). Auf der anderen Seite nahm der Anteil des Energiesektors erkennbar zu (+ 9,8 Prozentpunkte). Der Anteil des Bereichs „*Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen*“ ging um 4,7 Prozentpunkte zurück.

Die Industrie verfügt über besonders große Einsparpotentiale. Daher wird die Struktur des industriellen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes vertiefend dargestellt. Die hessische Industrie emittierte im Jahr 2007 insgesamt 3,8 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 2007**

Industriezweige	CO <sub>2</sub> -Emissionen	Sektorstruktur	
	1000 t	%	%-kumul.
Chemische Industrie	920	24,3	24,3
Verarbeitung von Steinen und Erden	442	11,7	35,9
Ernährungsgewerbe	348	9,2	45,1
Papiergewerbe	338	8,9	54,1
NE-Metalle, Gießereindustrie	328	8,7	62,7
Herstellung von Metallerzeugnissen	235	6,2	68,9
Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen (EGKS)	230	6,1	75,0
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	181	4,8	79,8
Verlags-, Druckgewerbe, Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern	127	3,4	83,1
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	112	3,0	86,1
Maschinenbau	104	2,7	88,8
Glasgewerbe, Keramik	84	2,2	91,0
Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Optik	80	2,1	93,1
Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u. Ä.	72	1,9	95,0
Sonstige Metallbearbeitung	72	1,9	96,9
Textilgewerbe	30	0,8	97,7
Übrige Wirtschaftszweige	87	2,3	100,0
<b>Industrie insgesamt</b>	<b>3 789</b>	<b>100,0</b>	—

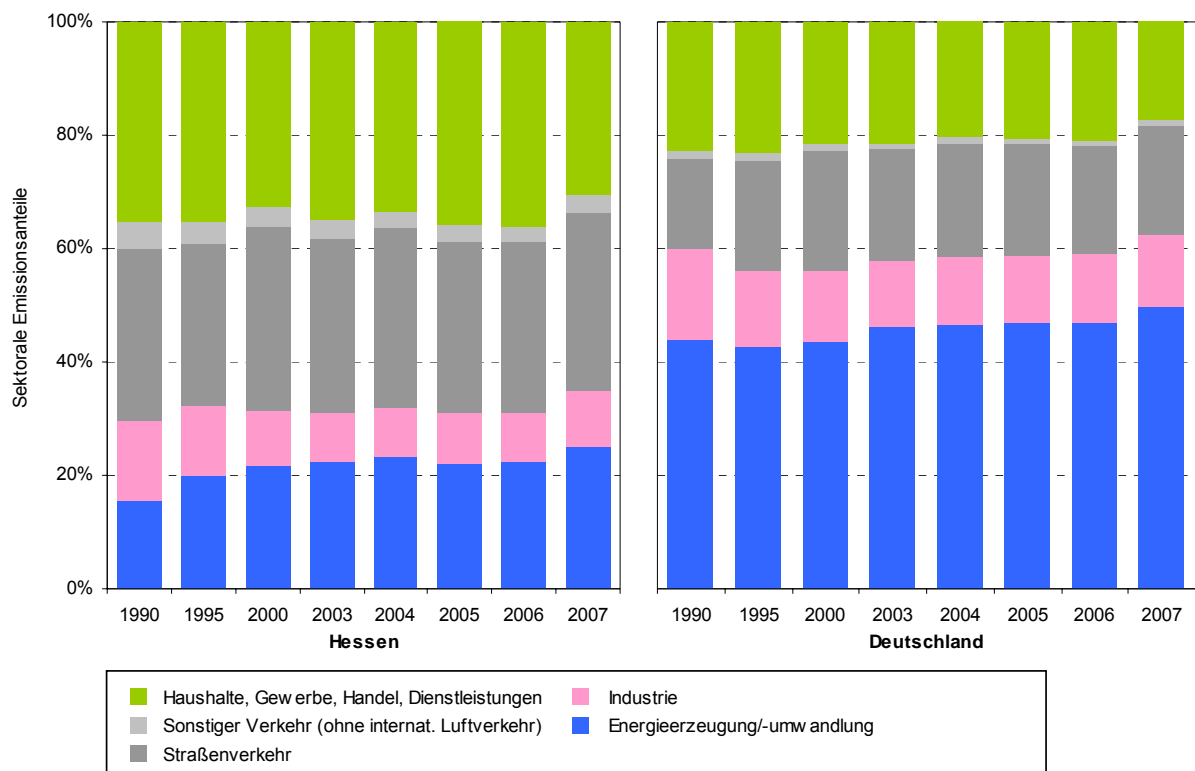
Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

Mit 920 000 t CO<sub>2</sub> ist die Chemische Industrie Hauptemittent der hessischen Wirtschaft. Das entspricht 24 % der gesamten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie, obwohl auf die Betriebe dieses Wirtschaftszweiges nur knapp ein Fünftel der Bruttowertschöpfung und 12 % der Erwerbstätigen entfallen. An der zweiten Stelle folgt mit einigem Abstand die Verarbeitung von Steinen und Erden (Gips-, Beton-, Zement- und Baukeramikproduktion) mit 442 000 t und einem Anteil von 12 %. An dritter Position folgt das Ernährungsgewerbe mit 348 000 t (Anteil: 9,2 %). Einen fast ebenso großen CO<sub>2</sub>-Ausstoß verursachte das Papiergewerbe mit 338 000 t (Anteil: 8,9 %). Weitere 328 000 t (Anteil: 8,7 %) fallen bei der Herstellung von Nichteisen-Metallen und Gießereierzeugnissen an. Die restlichen Mengen verteilen sich auf die übrigen Wirtschaftszweige.

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 2007 in Deutschland mit 50 % ein doppelt so großes Gewicht hatte wie in Hessen (25 %). Demgegenüber fallen in Hessen die relativen Emissionsanteile des gesamten Verkehrs wesentlich höher aus als im gesamten Bundesgebiet. In Hessen ist der Anteil der Emissionen aus dem *Straßenverkehr* um 12 Prozentpunkte höher als in Deutschland. Der nationale wie auch der internationale *Luftverkehr* spielt für

Hessen eine besondere Rolle: Insgesamt fielen im Bundesland Hessen 2007 über 47 % aller Emissionen Deutschlands an. In Anteilswerten ausgedrückt, bedeutet das, dass der Anteil des inländischen Flugverkehrs an den CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen in Hessen mit 2,8 % neun Mal so hoch ist wie in Deutschland (0,3 %).<sup>2</sup> Bei den Anteilen des Sektors „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ liegt Hessen 13 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 2007**



Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; DIW; Umweltbundesamt; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes.

<sup>2</sup> Der Anteil des internationalen Luftverkehrs kann nicht angegeben werden, da die Gesamtemissionen sowohl für Deutschland als auch für Hessen stets um diesen Wert bereinigt ausgewiesen werden.

**Tabelle 3 Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2007**

Emissionssektor	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mill. t										
Hessen										
Energiebedingte Emissionen im Inland <sup>1)</sup>	43,4	47,5	44,8	46,7	43,7	44,0	43,2	42,3	41,6	38,9
Energieerzeugung/ -umwandlung	6,7	9,5	9,7	10,2	9,2	9,8	10,1	9,3	9,3	9,8
Industrie	6,1	5,8	4,3	4,3	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,8
Verkehr	15,3	15,5	16,2	15,8	15,4	14,9	14,9	14,1	13,6	13,4
Schienenverkehr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Straßenverkehr	13,3	13,7	14,6	14,3	14,0	13,6	13,6	12,9	12,4	12,2
Luftverkehr (national) <sup>3)</sup>	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
Binnenschifffahrt	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>4)</sup>	15,3	16,7	14,6	16,4	15,3	15,4	14,5	15,1	15,0	11,9
<i>Nachrichtl.: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i>	6,9	8,6	11,3	11,2	11,3	11,5	11,6	12,1	11,6	12,0
CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mill. t										
Deutschland										
Energiebedingte Emissionen im Inland <sup>1)</sup>	949,5	842,1	801,6	823,2	807,8	805,4	790,6	774,1	779,1	748,9
Energieerzeugung/ -umwandlung	416,3	358,5	349,1	357,8	359,9	372,6	369,0	363,3	364,4	374,4
Industrie	154,5	113,4	99,7	96,0	93,2	92,7	92,6	92,5	97,2	92,8
Verkehr <sup>2)</sup>	162,6	175,8	180,6	176,7	175,2	168,1	167,8	159,8	155,8	152,6
Schienenverkehr	2,9	2,3	1,9	1,8	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
Straßenverkehr	150,4	165,1	171,2	167,8	166,0	159,8	159,7	151,6	147,7	145,0
Luftverkehr (national) <sup>3)</sup>	3,0	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1	1,9	2,1	2,3	2,3
Binnenschifffahrt	2,0	1,7	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,5
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>4)</sup>	216,1	194,4	172,2	192,7	179,5	171,9	161,2	158,7	161,7	129,0
<i>Nachrichtl.: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i>	11,4	14,5	19,3	19,0	18,9	19,4	20,0	23,1	24,2	25,2
Hessen in % von Deutschland										
Energiebedingte Emissionen im Inland <sup>1)</sup>	4,6	5,6	5,6	5,7	5,4	5,5	5,5	5,5	5,3	5,2
Energieerzeugung/ -umwandlung	1,6	2,6	2,8	2,8	2,5	2,6	2,7	2,6	2,5	2,6
Industrie	3,9	5,1	4,3	4,5	4,1	4,1	4,1	4,1	3,8	4,1
Verkehr	9,4	8,8	9,0	8,9	8,8	8,9	8,9	8,8	8,8	8,8
Schienenverkehr	3,9	4,2	4,3	4,5	4,7	4,6	4,6	4,3	4,5	4,7
Straßenverkehr	8,8	8,3	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,4	8,4
Luftverkehr (national) <sup>3)</sup>	57,3	57,5	56,7	57,2	57,9	58,3	56,8	51,6	47,2	47,1
Binnenschifffahrt	9,2	10,4	9,4	9,4	9,5	9,5	9,6	9,7	9,6	9,4
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>4)</sup>	7,1	8,6	8,5	8,5	8,5	9,0	9,0	9,5	9,2	9,2
<i>Nachrichtl.: Internationaler Luftverkehr<sup>5)</sup></i>	60,7	59,3	58,5	58,9	59,5	59,6	57,8	52,5	47,9	47,7
<p>1) Ohne nichtenergetischen Verbrauch und ohne internationalen Luftverkehr. – 2) Für Deutschland einschließlich anderer Verkehr lt. Nationalem Inventarbericht. – 3) Nur inländischer Luftverkehr (Übernahme des jahresspezifischen Faktors für Deutschland aus dem NIR 2010). – 4) Einschließlich militärischer Dienststellen. – 5) Für den internationalen Anteil am gesamten zivilen Luftverkehr Übernahme des jahresspezifischen Faktors aus dem NIR 2010.</p>										

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; DIW; Umweltbundesamt; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes.

Die sektorale Struktur der CO<sub>2</sub>-Emissionen unterlag seit 1990 erheblichen Verschiebungen zwischen den Emittentensektoren. In Hessen werden dabei im Großen und Ganzen ähnliche Entwicklungen deutlich wie in ganz Deutschland. Zugenommen hat der Beitrag der *Energieerzeugung und -umwandlung* zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen Deutschlands (1990: 43,8 %, 2007: + 6,2 Prozentpunkte). Der Anteil des *Straßenverkehrs* am Emissionsgeschehen wuchs in Deutschland im Vergleich zum Basisjahr um 3,5 Prozentpunkte; in Hessen stieg er um 0,8 Prozentpunkte. Der Emissionsbeitrag der *Industrie* reduzierte sich in Deutschland wie in Hessen. Er lag für Deutschland zuletzt bei 12,4 % und hatte sich so um 3,9 Prozentpunkte vermindert (Hessen: 9,7 %; – 4,2 Prozentpunkte). Infolge der oben beschriebenen Effekte der Mehrwertsteuererhöhung zum Jahr 2007 nahm der Emissionsanteil des Sektors „*Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen*“ deutschlandweit um 5,5 Prozentpunkte ab. In Hessen verringerte sich sein Anteil um 4,7 Prozentpunkte.

Bedeutendste Quelle für die direkten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen war im Jahr 2007 der Verkehrssektor mit einem Anteil von gut 34 %. Darunter spielt der Treibstoffverbrauch im Straßenverkehr die tragende Rolle: 91 % der Verkehrsemissionen bzw. 31 % der Gesamtemissionen stammen daher. Der Sektor „*Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen*“ erreichte einen Anteil von über 30 %. Hier sind die Emissionen überwiegend auf den Verbrauch von Heizöl und Gas zu Heizzwecken zurückzuführen. Der aus dem Stromverbrauch in den verschiedenen Sektoren hervorgehende CO<sub>2</sub>-Ausstoß wird dem Bereich „*Energieerzeugung und -umwandlung*“ zugerechnet. Auf diesen entfiel 2007 ein Viertel der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Der direkte energiebedingte CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Industrie spielte mit rund 10 % dagegen eine vergleichsweise untergeordnete Rolle.

### **1.3 Indikatoren zur Entwicklung der energiebedingten Kohlendioxid-Emissionen (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* – man bereinigt also die Emissions- um die Bevölkerungsentwicklung – differenziert sich das Bild zwischen Deutschland und Hessen. Von 1990 auf 1991 stiegen die jährlichen Pro-Kopf-Emissionen in Hessen deutlich von 7,59 t auf 8,08 t. Zwischen 1992 und 1998 schwankten sie zwischen 7,76 t und 8,43 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 7,5 t pro Jahr. Seit 2005 liegen sie sogar unter 7 t. Für den Bund fielen die Werte, bei etwa gleichem Entwicklungsverlauf, stets höher aus. Im Basisjahr waren die gesamtdeutschen Emissionen pro Einwohner noch 4,37 t CO<sub>2</sub> höher. Der Abstand verringerte sich danach mehr und mehr, wobei sich die geringste Differenz mit 2,19 t im Jahr 1996 ergab. In den folgenden Jahren pendelte der Differenzwert zwischen 2,23 und 2,47 t. Seit 2002 zeichnet sich ein

klarer Trend zur Verbesserung der hessischen Position ab. Zuletzt lag die Differenz bei 2,7 t.

**Tabelle 4 Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen bezogen auf Einwohner, Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch in Hessen und Deutschland von 1990 bzw. 1991 bis 2007**

	1990	1991	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	1990 bzw. 1991 / 2007	1995 / 2007
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>1)</sup> je Einwohner in t CO <sub>2</sub>												Veränderungen in %	
Hessen	7,59	8,08	7,92	7,39	7,69	7,18	7,22	7,10	6,95	6,84	6,41	- 15,7	- 19,2
Deutschland	11,96	11,46	10,31	9,75	10,00	9,79	9,76	9,58	9,39	9,46	9,10	- 23,9	- 11,7
Deutschland = 100													
Hessen	63,5	70,5	76,8	75,8	76,9	73,4	74,0	74,1	74,0	72,3	70,4		
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>1)</sup> je Einheit Bruttoinlandsprodukt in t CO <sub>2</sub> je Mill. Euro												Veränderungen <sup>2)</sup> in %	
Hessen	—	330,9	291,9	244,6	246,4	228,7	224,8	217,1	209,0	199,8	180,8	- 33,0	- 32,3
Deutschland	—	597,3	455,6	388,7	389,6	376,9	372,2	357,6	345,3	335,1	308,4	- 36,0	- 26,1
Deutschland = 100													
Hessen	—	55,4	64,1	62,9	63,2	60,7	60,4	60,7	60,5	59,6	58,6		
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>1)</sup> je Einheit Primärenergieverbrauch in t CO <sub>2</sub> je t SKE												Veränderungen in %	
Hessen	1,37	1,43	1,41	1,27	1,27	1,23	1,28	1,20	1,20	1,16	1,28	- 6,5	- 9,2
Deutschland	1,87	1,84	1,73	1,63	1,64	1,64	1,62	1,59	1,56	1,54	1,55	- 16,8	- 10,2
Deutschland = 100													
Hessen	73,3	77,8	81,4	77,9	77,1	75,2	79,2	75,3	76,7	75,3	82,3		
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>1)</sup> je Einheit Primärenergieverbrauch <sup>1)</sup> in t CO <sub>2</sub> je t SKE												Veränderungen in %	
Hessen	1,52	1,59	1,60	1,49	1,47	1,45	1,51	1,40	1,42	1,37	1,56	2,8	- 2,4
Deutschland	1,89	1,86	1,75	1,66	1,67	1,67	1,65	1,62	1,60	1,58	1,59	- 15,6	- 9,2
Deutschland = 100													
Hessen	80,6	85,6	91,4	89,8	88,1	86,6	92,0	86,7	89,1	86,6	98,2		
<i>Nachrichtlich: Anteil des internationalen Luftverkehrs am Primärenergieverbrauch in %</i>													
Hessen	10,0	10,0	12,1	14,8	14,0	14,7	15,5	14,8	15,8	15,0	18,2	Mittelwert 1990-2007	13,3
Deutschland	1,0	1,1	1,4	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	2,2	2,2	2,4		1,6

1) Ohne internationalen Luftverkehr. – 2) Veränderungsraten des Bruttoinlandsproduktes preisbereinigt und verkettet.

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; Statistisches Bundesamt; DIW; Umweltbundesamt; AGEB; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes.

Im Zeitraum von 1990 bis 2007 verminderten sich die spezifischen einwohnerbezogenen Emissionen in Hessen um insgesamt 15,7 %, wobei die eigentliche Reduktion in die letzten zehn Jahre fällt. Bis 1995 wuchsen die hessischen Pro-Kopf-Emissionen um 4,4 %, bis zum Höchststand im Jahr 1996 (8,43 t je Einwohner) sogar um 11 %. Bezogen auf 1995 sanken die Pro-Kopf-Emissionen bis 2007 um 19 %, ausgehend vom Höchststand 1996 sogar um ein Viertel. Der spezifische CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduzierte sich in Deutschland zwischen 1990 und 2007 deutlich stärker als in Hessen. Hier verliefen die beiden Entwicklungsetappen jedoch genau diametral:

Die Pro-Kopf-Emissionen sanken in den ersten fünf Jahren aufgrund des Strukturwandels bereits um 14 %. In den folgenden zwölf Jahren verminderten sie sich nur noch um 12 %.

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 2007 sank die CO<sub>2</sub>-Intensität in Hessen um ein Drittel.<sup>3</sup> Für Deutschland reduzierte sie sich in diesem Zeitraum um 36 %. 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 – 3,5 % pro Jahr). Ab 1995 schwächte sich die Entwicklung ab (– 2,5 % pro Jahr). In Hessen verlief der Trend wie bei den einwohnerspezifischen Emissionen. Bis 1995 veränderte sich die CO<sub>2</sub>-Intensität im Prinzip nicht. Die Hauptminderung (– 3,2 % pro Jahr) setzte in Hessen erst ab Mitte der neunziger Jahre ein und übertraf in dieser Periode die des Bundes. 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. Die von der Größenordnung her etwa gleiche Verminderung der CO<sub>2</sub>-Intensität (bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt) ist also in Hessen in wesentlich stärkerem Maße der Steigerung der Wirtschaftskraft 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 1,28 t CO<sub>2</sub> je t Steinkohleneinheit bzw. – bereinigt man auch den Primärenergieverbrauch um die Flugturbinenkraftstoffe für den internationalen Luftverkehr – bei 1,56 t. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass fast das ganze Jahr 2007 hindurch vorübergehend keine Kernenergie eingesetzt 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 vorhergehenden zehn Jahre hatte die Kernenergie mit 17 % einen erheblichen Anteil am Primärenergieverbrauch in Hessen. Im Bund wurden 2007 1,55 bzw. 1,59 t CO<sub>2</sub> je Einheit Primärenergieverbrauch ausgestoßen. Dabei beeinflusst der Anteil des internationalen Luftverkehrs am Primärenergieverbrauch die Höhe des Indikators. In Deutschland machte der internationale Flugverkehr im Basisjahr 1990 nur 1 % des Primärenergieverbrauchs aus; in Hessen lag der Wert bei 10 %. Bis zum Jahr 2007 sind die Anteile aufgrund der dynamischen Entwicklung des gesamten Luftverkehrs und der Neubewertung des internationalen Anteils (vgl. Fußnote 1, Seite 12) für beide Wirtschaftsräume gestiegen. Der Anteil liegt für Deutschland nun bei 2,4 % und für Hessen bei 18 %.

---

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

<sup>4</sup> Der Primärenergieverbrauch bei der Kernenergienutzung ging 2007 gegenüber dem Vorjahr um 5700 t Steinkohleneinheiten zurück. Der Quotient aus CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergieverbrauch liegt für das Jahr 2007 deutlich über den Vorjahreswerten aufgrund des niedrigeren Primärenergieverbrauchs im Nenner. Dies gilt für beide Betrachtungsweisen gleichermaßen, d.h. mit bzw. ohne Einbeziehung des internationalen Luftverkehrs in den Primärenergieverbrauch.

Der Einfluss des internationalen Flugverkehrs auf die absolute Höhe des Indikators hat 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 einbezieht oder nicht – deutlich voneinander abweichen. In Deutschland ist die Differenz zwischen den beiden Berechnungen dagegen marginal. Wird der Primärenergieverbrauch nicht um den internationalen Luftverkehr vermindert, fällt der spezifische CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Hessen im Jahr 2007 um 275 kg niedriger aus als im Bund. Rechnet man den internationalen Luftverkehr aus dem Primärenergieverbrauch heraus, reduziert sich der Abstand Hessens zu Deutschland auf 30 kg.

Im gesamten Betrachtungszeitraum ist die CO<sub>2</sub>-Intensität des Primärenergieverbrauchs in Hessen um 6,5 % zurückgegangen, wenn der internationale Luftverkehr in den Primärenergieverbrauch einbezogen wird, bzw. ohne Berücksichtigung des internationalen Luftverkehrs um 2,8 % gestiegen (beachte auch hier Fußnote 4, Seite 23). Der Ausbau des hessischen Energiesektors hatte in den ersten fünf 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 9,2 % bzw. 2,4 %. 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 Wärmeherzeugung genutzt. So wurden immer größere Mengen an Siedlungsabfällen (bei denen 60 % 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 2007 um 17 % (bzw. 16 %); fast die Hälfte der Verminderung entfiel allerdings – bedingt durch den Strukturwandel in den neuen Bundesländern – auf die Jahre 1990 bis 1995.

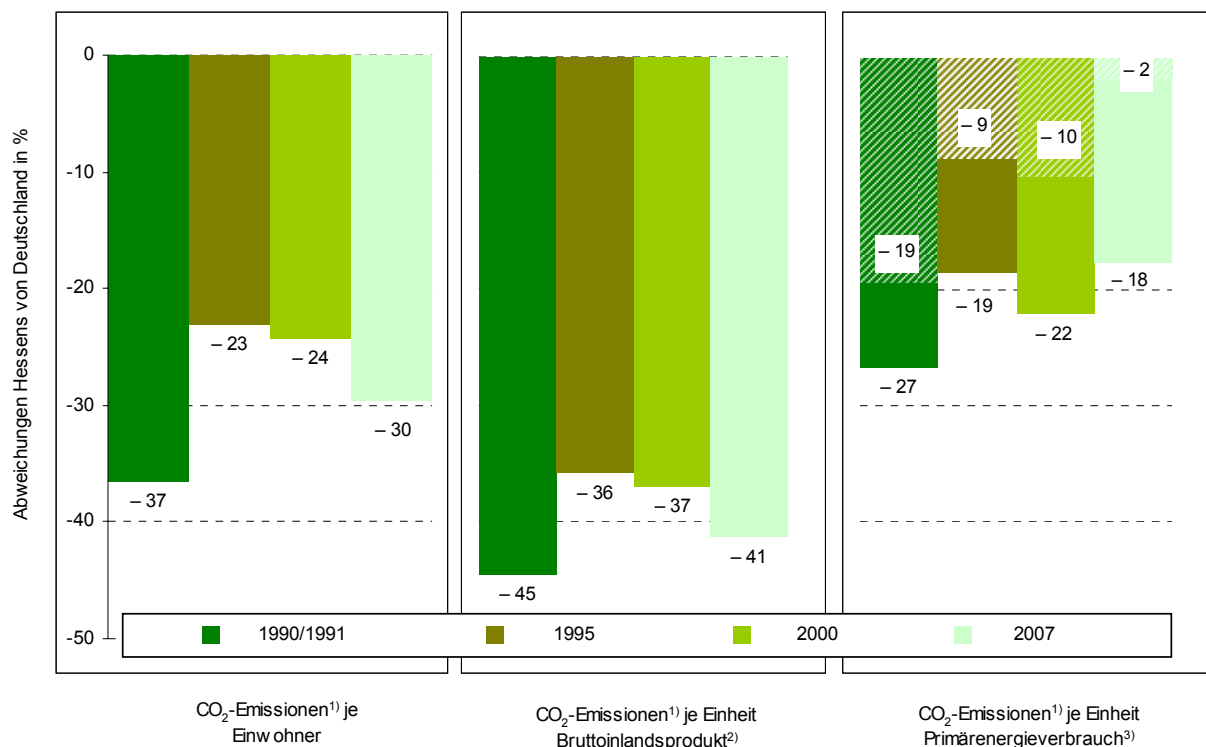
Beim Vergleich der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen fällt auf, dass sie im Zeitraum 1990/91 bis 2007 in Deutschland insgesamt stärker als in Hessen sanken. Die deutschen Indikatorenwerte sind allerdings wesentlich höher als die hessischen. Im Verlauf der Entwicklung näherten sich die spezifischen Emissionen in Hessen und im Bundesgebiet (nach dem strukturbedingten deutlichen Rückgang für Deutschland in der ersten Hälfte der neunziger Jahre) bis zum Jahr 2000 zunächst an. Seitdem verbesserte sich die Position Hessens bei allen drei Indikatoren:

- Die Emissionen je Einwohner waren in Hessen im Jahr 2007 um 30 % niedriger als in Deutschland. Im Jahr 2000 unterschieden sie sich um 24 %.
- Das hessische Bruttoinlandsprodukt wurde im Jahr 2007 im Durchschnitt unter Freisetzung von 181 t CO<sub>2</sub>/1 Mill. Euro erwirtschaftet gegenüber 308 t CO<sub>2</sub>/1 Mill. Euro in Deutschland. Die in Hessen geschaffene Wirtschaftsleistung wurde also mit um 41 % 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 2007 lag der hessische Wert bei vollständiger Einbeziehung aller Mineralölprodukte in den Primärenergieverbrauch um 18 % unter dem von Deutschland. Ohne die Flugkraftstoffe für den internationalen Luftverkehr ist der Abstand mit

1,8 % unbedeutend. In beiden Fällen wirkt sich jedoch die außergewöhnliche Situation bei der Kernenergie im Jahr 2007 aus (vgl. Fußnote 4, Seite 23).

Abbildung 4 verdeutlicht das Gesagte nochmals.

**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 2007



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; DIW; Statistisches Bundesamt; Umweltbundesamt; AGEB; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes.

## 1.4 Verursacherbezogene Kohlendioxid-Emissionen

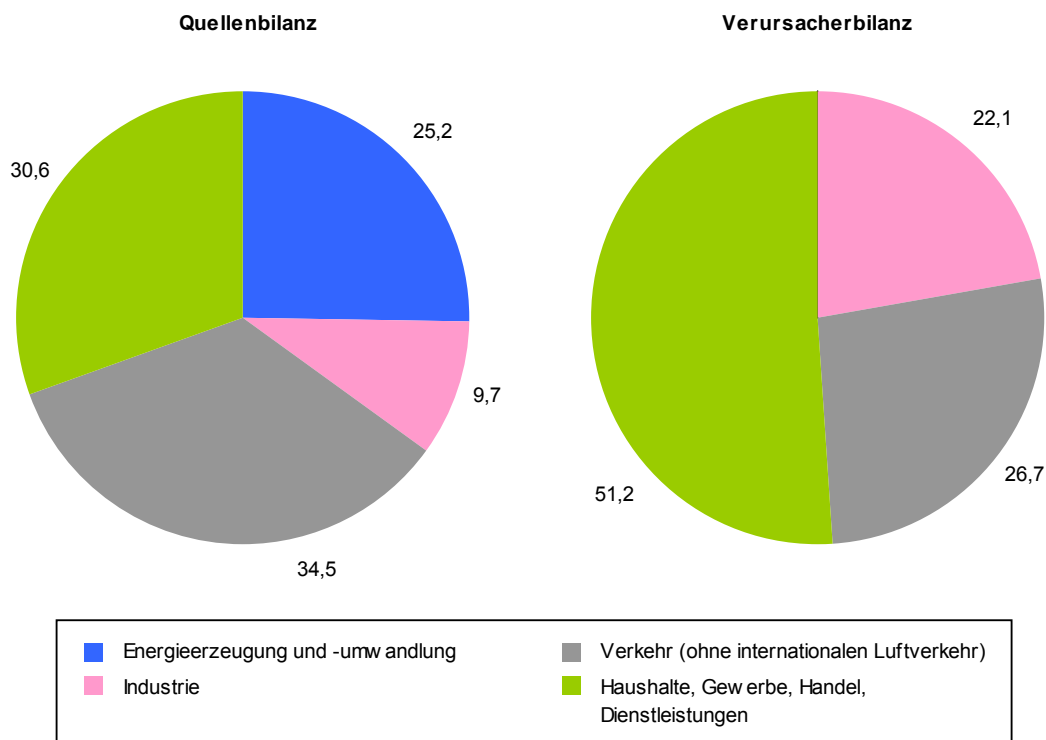
In der Verursacherbilanz werden die Emissionen ausschließlich auf den Endenergieverbrauch bezogen. Die Emissionen des Umwandlungsbereichs werden hier also nach dem Verursacherprinzip zugeordnet.

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

<sup>5</sup> Ohne Temperaturbereinigung.

verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen lagen im Jahr 2007 mit 53,1 Mill. t deutlich über denen aus dem Primärenergieverbrauch (38,9 Mill. t). Gegenüber 2006 sind sie um 7,5 % zurückgegangen, was vor allem auf einen gesunkenen Bezug von Mineralölen und Mineralölprodukten des Sektors „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ zurückzuführen ist.

**Abbildung 5 Quellen- und verursacherbezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen der Hauptemittentensektoren in Hessen 2007**



Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

Bei der verursacherbezogenen Betrachtung sind lediglich beim Verkehrssektor geringfügige Unterschiede zum quellenbezogenen Nachweis des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes (13,4 Mill. t gegenüber 14,2 Mill. t nach dem Verursacherprinzip) zu verzeichnen. In diesem Sektor geht der überwiegende Verbrauch auf Mineralöl und Mineralölprodukte zurück. In den beiden anderen Verbrauchsbereichen kommt die Neubewertung des Strom- und Fernwärmeverbrauchs voll zum Tragen. 45 % der Emissionen des Endenergieverbrauchs sind der Verwendung von Elektrizität und Fernwärme zuzurechnen. Die verursacherbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen erhöhen sich weiter durch den Umstand, dass der hessische Stromverbrauch höher als die in den hessischen Kraftwerken erzeugte Menge liegt; für den aus den anderen Bundesländern bezogenen Strom wird der allgemeine Energieträgermix unterstellt. Außerdem wird normalerweise ein erheblicher Teil des Stroms in Hessen aus Kernkraft erzeugt, der in der Quellenbilanz keine CO<sub>2</sub>-Emissionen zugerechnet werden. Daher wirkt sich die im Jahr 2007 außergewöhnlich geringe Stromerzeugung aus Kernenergie auf die Verursacherbilanz nicht aus.

**Tabelle 5 Effektive CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) in Hessen 2007**

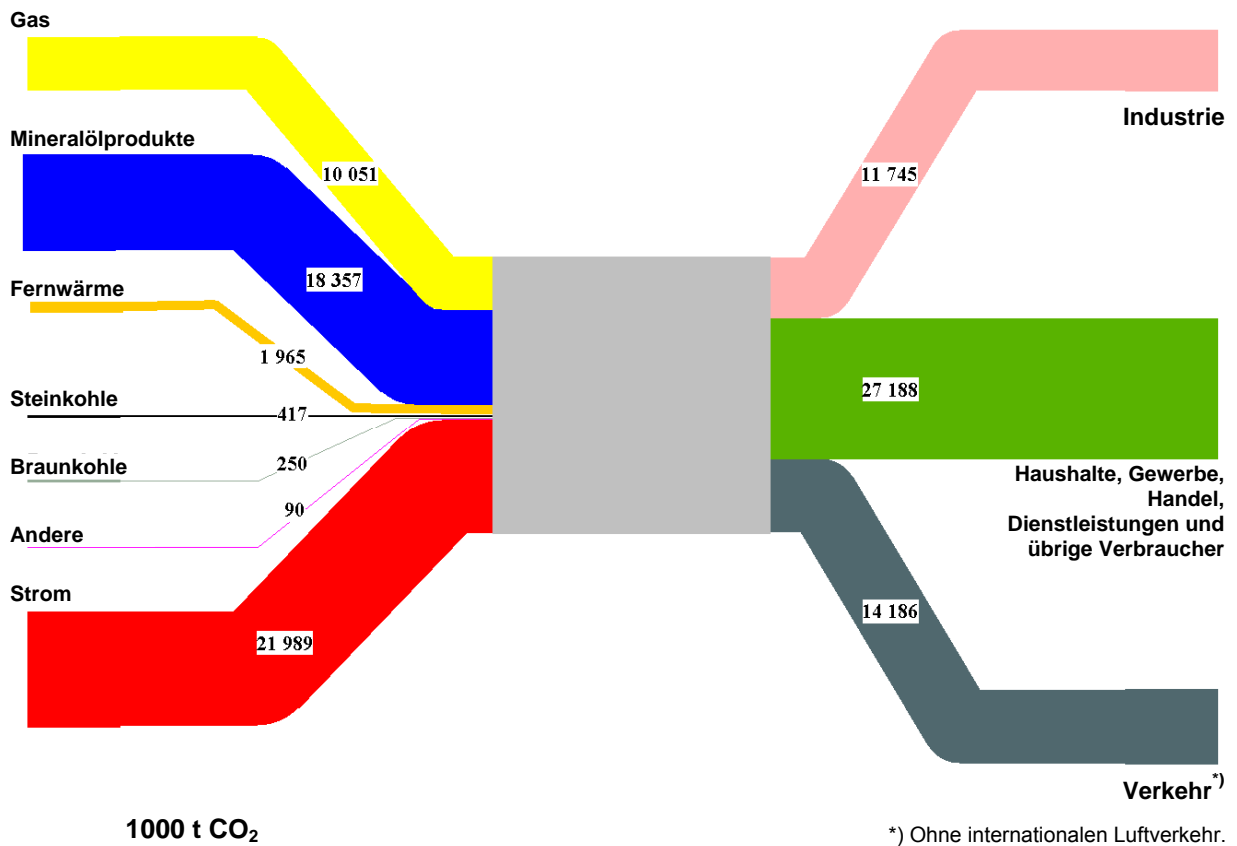
Emittentensektor	Energieträger					
	Insgesamt	davon				
		Steinkohlen	Braunkohlen	Mineralöle und Mineralölprodukte	Gase	Strom und Fernwärme <sup>1)</sup>
	1000 t					
Industrie (Sonstiger Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe)	11 745	414	197	511	2 654	7 969
Verkehr <sup>2)</sup>	14 186	—	—	13 401	12	773
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher	27 188	3	53	4 445	7 384	15 303
<b>Endenergieverbrauchsbereich zusammen</b>	<b>53 119</b>	<b>417</b>	<b>250</b>	<b>18 357</b>	<b>10 051</b>	<b>24 044</b>

1) Bewertung des Stromverbrauchs mit einem einheitlichen (General-)Faktor für Deutschland auf Basis der Emissionen aller Kraftwerke der allgemeinen Versorgung sowie der Industriekraftwerke. – 2) Beim Luftverkehr wurde nur der nationale Anteil berücksichtigt.

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

In Abbildung 6 wird der CO<sub>2</sub>-Ausstoß nach Energieträgern den Emissionen der Energieverbraucher (Verursacher der Emissionen) nochmals gegenübergestellt. Mehr als die Hälfte (51 %) der Emissionen wird danach durch den Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen“ verursacht. Ein Viertel entfällt auf Straßen-, Schienen- und nationalen Luftverkehr. Die hessische Industrie verursacht nur 22 % der Emissionen.

**Abbildung 6 Verursacherbezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen 2007 (Sankey-Diagramm)**



Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

## 2 Kohlendioxid-Emissionen aus Industrieprozessen

### 2.1 Ermittlung prozessbedingter Kohlendioxid-Emissionen

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

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 dabei eng an die Berechnungsmethoden des Umweltbundesamtes im Rahmen der nationalen Inventarberichterstattung an. Die Emissionsfaktoren wurden ebenfalls vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt bzw. der nationalen Inventarberichterstattung entnommen.

Berechnungsgrundlagen bilden sowohl 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 (Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe) ergibt sich aus der Addition des Emissionspotentials der einzelnen Prozesse.

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.

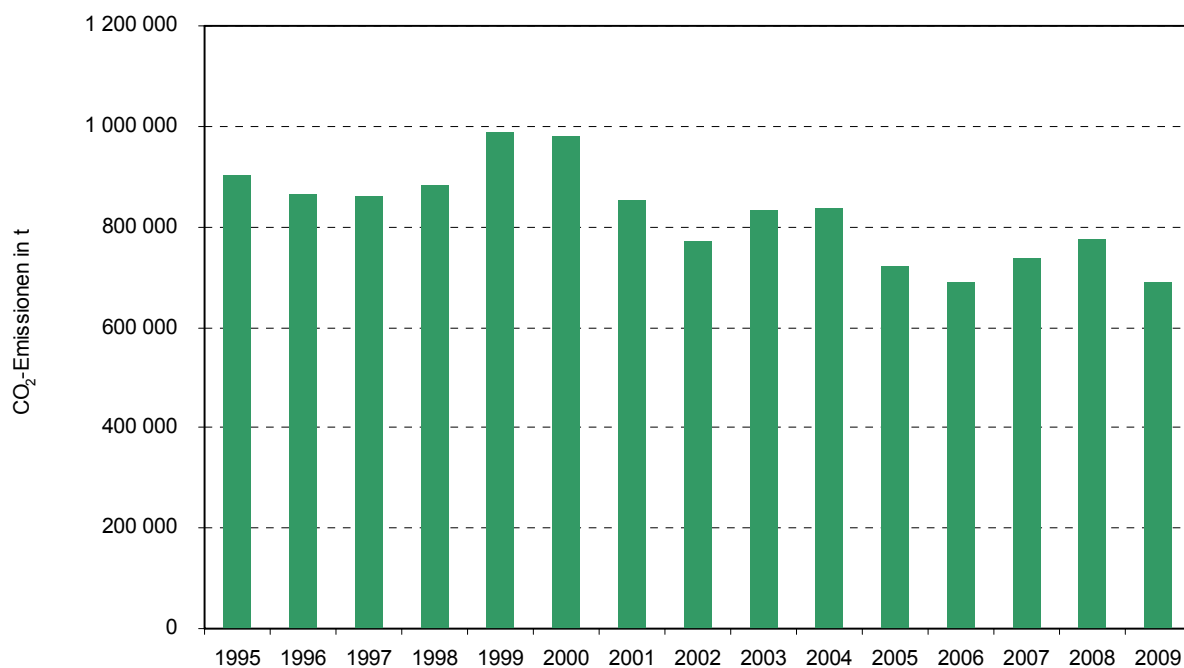
Tabelle 6 gibt einen Überblick über die prozessbedingten Emissionen. Im Jahr 2009 wurden in Hessen noch insgesamt 690 000 t CO<sub>2</sub> bei Herstellungsprozessen freigesetzt. Das waren 11 % weniger als ein Jahr zuvor. Die Emissionen aus den Produktionsprozessen erreichten ihren Höchststand in den Jahren 1999 und 2000. Danach entwickelten sie sich in Abhängigkeit von den jeweiligen Produktionsmengen unterschiedlich – in der Tendenz jedoch fallend (Abbildung 7). Bezogen auf das Jahr 1995, welches hier als Basisjahr fungiert, verminderten sich die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen um ein Viertel.

**Tabelle 6 Entwicklung der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen 1995 bis 2009**

	1995	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	CO <sub>2</sub> -Emissionen in t								
Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen	904 450	980 513	831 929	837 519	722 973	691 995	735 854	773 846	689 584
darunter Herstellung von									
Zementklinker	691 452	708 772	647 878	627 248	542 809	518 374	532 401	578 805	526 509
Kalk	193 352	257 833	176 926	201 906	171 764	165 908	197 623	190 729	160 760
	Anteile der Industrieprozesse in %								
Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen	100	100	100	100	100	100	100	100	100
darunter Herstellung von									
Zementklinker	76,4	72,3	77,9	74,9	75,1	74,9	72,4	74,8	76,4
Kalk	21,4	26,3	21,3	24,1	23,8	24,0	26,9	24,6	23,3
	Entwicklung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes (1995 = 100)								
Prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen	100	108	92	93	80	77	81	86	76
darunter Herstellung von									
Zementklinker	100	103	94	91	79	75	77	84	76
Kalk	100	133	92	104	89	86	102	99	83

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

**Abbildung 7 Entwicklung der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen 1995 bis 2009**



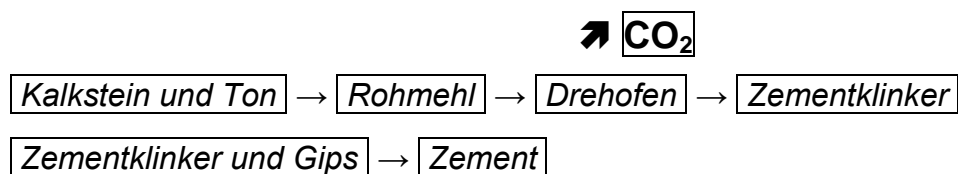
Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt.

## 2.2 Prozessbedingte Kohlendioxid-Emissionen bei der Herstellung von Zementklinker

Bei der Herstellung von Zementklinker wird aus den Rohstoffen Kalkstein und Ton Rohmehl gemahlen, welches anschließend im Drehofen gebrannt wird. Durch chemische Umwandlung, so genannte Sinterung, entstehen die Zementklinker. Die CO<sub>2</sub>-Freisetzung findet bei der Entsäuerung des Kalksteins statt (Abbildung 8).

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. Dieser Faktor weicht von dem des Länderarbeitskreises Energiebilanzen leicht nach unten ab.

**Abbildung 8 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. In den letzten Jahren waren durchschnittlich etwa drei Viertel der rohstoffverursachten CO<sub>2</sub>-Freisetzung diesem Industrieprozess zuzuordnen.

In Hessen belief sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei der Zementklinkerproduktion im Jahr 2009 auf rund 527 000 t. Das waren 52 000 t weniger als ein Jahr zuvor. Gegenüber 1995 reduzierte sich die emittierte Menge um 24 %. Im Vergleich zum Höchststand im Jahr 1999 ist der Rückgang des Ausstoßes noch deutlicher (– 29 %).

Der hessische Anteil an den gesamten rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zementindustrie in Deutschland hat sich im Betrachtungszeitraum im Prinzip nicht verändert. Zwischen 1995 und 2008 lag er im Mittel bei 4,3 %. Diesen Wert erreichte der hessische Anteil am zuletzt ausgewiesenen Bundeswert 2008 genau.

## 2.3 Prozessbedingte Kohlendioxid-Emissionen 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 9).

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



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Die Herstellung von Kalk ist der weitere wichtige Industrieprozess bei der Entstehung prozessbedingter Emissionen. Knapp ein Viertel der rohstoffverursachten CO<sub>2</sub>-Freisetzung in Hessen entsteht bei der Kalkherstellung.

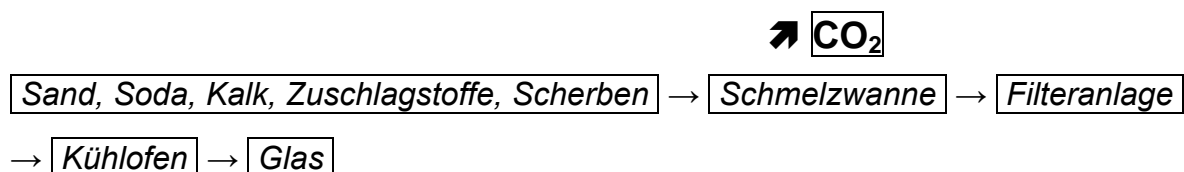
In der zweiten Hälfte der neunziger Jahre hatten die Emissionen hier zugenommen. Der höchste Wert wurde mit 258 000 t im Jahr 2000 erreicht. Zwischen 2001 und 2009 schwankte die ausgestoßene CO<sub>2</sub>-Menge in Abhängigkeit von den Produktionsmengen. Im Jahr 2009 erreichte der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Hessen mit rund 161 000 t einen neuen Tiefstwert im betrachteten Zeitraum.

Der hessische Anteil an den gesamten rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der deutschen Kalkindustrie unterlag im Betrachtungszeitraum nur geringfügigen Schwankungen. 2008 traf er mit 3,4 % den Mittelwert.

## 2.4 Prozessbedingte Kohlendioxid-Emissionen bei der Herstellung von Glas

Zur Herstellung von Glas werden die Rohstoffe Kalk, Sand, Soda und weitere Zusatzstoffe sowie Glasscherben gemischt und in einer Schmelzwanne geschmolzen. Das flüssige Glas wird entsprechend des jeweiligen Produktionsprofils zu weiteren Produkten verarbeitet. Die CO<sub>2</sub>-Freisetzung findet während des Schmelzprozesses statt (Abbildung 10). 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 10 Schematische Darstellung der CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei der Glasherstellung**



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

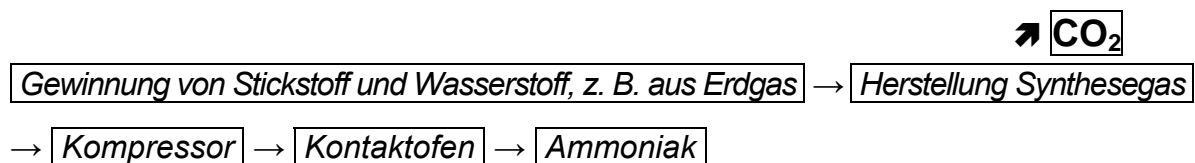
In Hessen spielen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Glasherstellungsprozessen nur eine untergeordnete Rolle. Hauptsächlich wird „fertiges“ Glas weiterverarbeitet bzw. Altglas recycelt.

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, so dass für die Bezugsjahre 1995 und 2000 anhand der Produktionszahlen Annahmen bezüglich der Rohstoffeinsatzmengen getroffen werden mussten.

## 2.5 Prozessbedingte Kohlendioxid-Emissionen bei der Herstellung von Ammoniak

Ammoniak wird als chemisches Zwischenprodukt vorwiegend für die Herstellung von Düngemittel genutzt, Ammoniakwasser findet überwiegend als Reinigungsmittel Anwendung. Ammoniak ist eine chemische Verbindung aus Stickstoff und Wasserstoff. Die CO<sub>2</sub>-Freisetzung findet bei der Herstellung des Synthesegases für die Ammoniakproduktion statt (Abbildung 11).

**Abbildung 11 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.

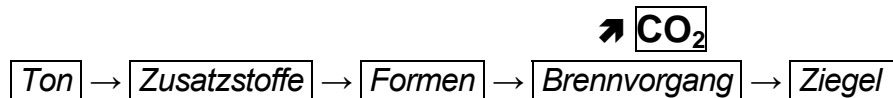
Ebenso wie bei der Glasherstellung fallen in Hessen jedoch kaum CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Ammoniakproduktion an. Die Produktion setzte in Hessen erst im Jahr 2001 ein. Wegen der notwendigen statistischen Geheimhaltung im Falle von Einzelangaben können die ermittelten Werte nicht im Einzelnen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

## 2.6 Prozessbedingte Kohlendioxid-Emissionen 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 Dach- und Mauerziegeln 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. 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 12 Schematische Darstellung der CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei der Ziegelherstellung



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Der Herstellungsprozess ruft nur geringe CO<sub>2</sub>-Emissionen hervor, so dass in Hessen lediglich geringe Mengen freigesetzt wurden.

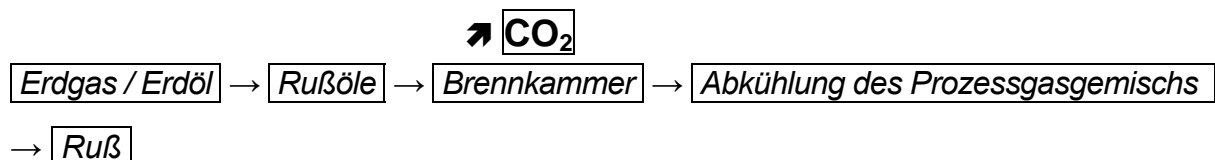
Wegen der notwendigen statistischen Geheimhaltung im Falle von Einzelangaben können die ermittelten Werte nicht im Einzelnen ausgewiesen werden. Die bei der Ziegelherstellung emittierten CO<sub>2</sub>-Mengen wurden jedoch in der Summe der prozessbedingten Emissionen berücksichtigt.

## 2.7 Prozessbedingte Kohlendioxid-Emissionen 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 13 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, so dass 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. Die bei der Rußherstellung 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, so dass für die Bezugsjahre 1995 und 2000 anhand der Produktionszahlen Annahmen bezüglich der Rohstoffeinsatzmengen getroffen werden mussten.

### **3 Methan-Emissionen**

#### **3.1 Methode zur Ermittlung der Methan-Emissionen und Berechnungsstand**

Methan (CH<sub>4</sub>) ist ein unmittelbar klimawirksames Spurengas, welches zur zusätzlichen Erwärmung der Atmosphäre beiträgt. Es wirkt auch indirekt als Vorläufersubstanz auf den Ozonabbau in der Stratosphäre. Daneben trägt es unter bestimmten Voraussetzungen ebenfalls zum Anstieg der Ozonkonzentration in der Troposphäre bei. Etwa ein Drittel der Methan-Emissionen kommt aus Feuchtgebieten, Wäldern, Bränden, Meeren und anderen natürlichen Quellen. Die übrigen knapp 70 % der Methan-Emissionen gehen auf menschliche Aktivitäten zurück. Sie stammen aus der Produktion und Weiterverarbeitung von Öl und Erdgas, von Viehherden, Abfalldeponien und anderem menschlichen Handeln.

Globale Hauptquellgruppe der anthropogenen Methan-Emissionen ist die Landwirtschaft. Die Tierhaltung verursacht nach Schätzungen der Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen weltweit direkt oder indirekt etwa 30 % aller Methan-Emissionen, größtenteils durch Rinder. Für den Nassreisenanbau wird ein Anteil von 10 bis 25 % an den weltweiten Methan-Emissionen angesetzt. Methan entsteht zudem bei der Abfallbeseitigung, bei der Abwasser- und Klärschlammbehandlung sowie bei der Klärschlammausbringung in der Landwirtschaft. Methan wird in geringen Mengen bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen, aber auch von Biomasse emittiert. Des Weiteren gelangt Methan durch Undichtigkeiten in Erdgasleitungen in die Umwelt.

Für die Berechnungen der Methan-Emissionen in der hessischen Treibhausgasbilanz werden die genannten Prozesse weitgehend berücksichtigt. Die Darstellung erfolgt für die Sektoren:

- Verkehr,
- Feuerungsanlagen,
- Gasverteilung,
- Abwasserbeseitigung,
- Abfallentsorgung,
- Landwirtschaft,
- Energiegewinnung,
- Produktionsprozesse.

Die Berechnungen zu den Methanemissionen werden im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder nach der dort festgelegten, für alle Bundesländer einheitlichen Methode durchgeführt. Der gegenwärtige Berechnungsstand basiert auf den methodischen Festlegungen des Nationalen Inventarberichts 2009 (NIR 2009), den das Umweltbundesamt unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen vorlegt. Es ist zu beachten, dass einige Emittentensektoren, insbesondere die Landwirtschaft, die Abfallentsorgung und die Abwasserbeseitigung, laufend neu bewertet werden. Die ausgewiesenen Zeitreihen enthalten deshalb jeweils andere Werte als die vorangegangenen Berichte zur hessischen Treibhausgasbilanz.

Bei der Bilanzierung der Treibhausgasemissionen hat sich der Arbeitskreis „Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder“ darüber hinaus darauf

verständigt, für Deutschland einheitlich die Ergebnisse des Nationalen Inventarberichts zu übernehmen. Die Summe der Länderwerte entspricht nicht genau dem für Deutschland angegebenen Ergebnis. Für die einzelnen Emissionssektoren gelten folgende methodische Festsetzungen:

*Landwirtschaft:* Der Sektor bildet die direkten und indirekten Emissionen aus der Tierhaltung ab. Ab Berichtsjahr 2005 wurden von der Umweltökonomischen Gesamtrechnung für alle Bundesländer die Berechnungsergebnisse des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei – vTI) für den Nationalen Inventarbericht 2010 übernommen. Die eigenen Berechnungen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung wurden nur noch zu Prüfzwecken herangezogen. Die Deutschlandwerte stammen aus den Nationalen Trendtabellen des Umweltbundesamtes (Stand: Januar 2010).

*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.

*Abwasserbeseitigung:* Die Abwasserbeseitigung beschränkt sich auf die Sickeranlagen der nicht an die öffentliche Kanalisation angeschlossenen Einwohner. Bewertet werden die Methan-Emissionen anhand der Einwohner, die ihr Abwasser in solchen Anlagen entsorgen. Dieser Emittentensektor wird ab dem Berichtsjahr 2004 analog zur Berichterstattung des Umweltbundesamtes behandelt.

*Abfallentsorgung:* Im Bereich der Abfallentsorgung werden differenzierte Länderberechnungen, denen Ergebnisse der Abfallstatistiken zugrunde liegen, durchgeführt. Einbezogen werden neben den Deponien auch Kompostierungsanlagen. Auf den Deponien werden die über einen bestimmten Zeitraum abgelagerten Abfallmengen nach Abfallarten, differenziert nach Deponien mit Deponiegasfassung und ohne eine solche, die gewonnene Deponiegasmenge und der Methangehalt des Gases einbezogen. Bei den Kompostierungsanlagen werden die in den Ländern kompostierten Mengen mit einem spezifischen Emissionsfaktor bewertet. Dieser ergibt sich aus der Gesamtmenge des Länder-Inputs auf den Kompostierungsanlagen und den im Nationalen Inventarbericht 2009 ausgewiesenen Methanmengen.

*Verkehr:* Im Verkehrssektor werden Straßenverkehr, Bahn- und Schiffsverkehr, Off-Road-Verkehr sowie der Flugverkehr einbezogen. Die Methan-Emissionen 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 Bundesamtes für Straßenwesen, des Kraftfahrtbundesamtes 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 Umweltbundesamtes (HBEFA 2.1, Stand 2004).

**Gasverteilung:** Die bei der Gasverteilung entstehenden Emissionen werden aus Verbrauchskennzahlen sowie aus der Gasnetzlänge berechnet. Zur Anwendung kommen Emissionsfaktoren, die das Fraunhofer Institut bereitstellt. Da es in Hessen keine eigentliche Energiegewinnung gibt, gehen bei dieser Position nur diffuse Emissionen aus dem Gasumschlag und der Aufbereitung des Gases für die Endverbraucher ein.

**Prozesse:** In diesem Sektor werden die relevanten Produktionsmengen bestimmter Warenarten aus der vierteljährlichen Produktionserhebung mit spezifischen Emissionsfaktoren aus dem Nationalen Inventarbericht bewertet.

### 3.2 Die Methan-Emissionen im Einzelnen

Im Jahr 2007 wurden in Hessen 87 100 t Methan emittiert. Seit 1995 haben sich die Methan-Emissionen kontinuierlich vermindert. Mittlerweile erreichen sie nicht einmal mehr die Hälfte des Basisjahres (Tabelle 7). Im Bund haben sie sich etwas weniger stark reduziert: Hier lagen sie um 43 % unter denen von 1995.

**Tabelle 7 Methan-Emissionen in Hessen und in Deutschland 1995 bis 2007**

	1995	2000	2003	2004	2005	2006	2007	1995/2007
Methan-Emissionen <sup>1)</sup> in t								
Hessen	196 549	133 220	106 549	98 098	93 629	90 167	87 089	Veränderungen in % – 55,7
Deutschland	4 039 938	3 236 150	2 743 033	2 556 508	2 451 142	2 357 031	2 292 669	– 43,2
Deutschland = 100								
Hessen	4,9	4,1	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	
Methan-Emissionen <sup>1)</sup> je Einwohner in kg								
Hessen	32,8	22,0	17,5	16,1	15,4	14,8	14,3	Veränderungen in % – 56,3
Deutschland	49,5	39,4	33,2	31,0	29,7	28,6	27,9	– 43,7
Deutschland = 100								
Hessen	66,3	55,8	52,6	52,0	51,7	51,8	51,5	

1) Ohne internationalen Luftverkehr.

Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes.

Auf jeden hessischen Einwohner kamen im Jahr 2007 14,3 kg Methan-Emissionen. Auch hier hat sich die Menge im Untersuchungszeitraum mehr als halbiert. Im Vergleich zu Deutschland (27,9 kg) emittiert jeder hessische Einwohner im Übrigen nur halb soviel Methan. Zudem hat sich hier die hessische Position seit 1995 wesentlich verbessert. 1995 lag der hessische Pro-Kopf-Ausstoß nur 34 % unter dem Deutschlandwert.

Tabelle 8 zeigt neben den Mengen auch die sektorale Struktur der hessischen Methan-Emissionen. Im Jahr 2007 kamen mit 42 500 t knapp die Hälfte der Methan-Emissionen aus der Landwirtschaft. Dabei entfielen gut vier Fünftel direkt auf die Viehhaltung (Fermentation bei der Verdauung). Der Rest entstand bei der Lagerung

und Ausbringung von Wirtschaftsdünger. Zweitwichtigster Sektor war mit weiteren 29 % die Abfallbeseitigung. 15 % resultierten aus der Gasverteilung über Rohrleitungsnetze. Energiegewinnung und Feuerungsanlagen machten nochmals 6,1 % aus. Alle anderen Sektoren waren von untergeordneter Bedeutung.

**Tabelle 8 Entwicklung der Methan-Emissionen in Hessen 1995 bis 2007**

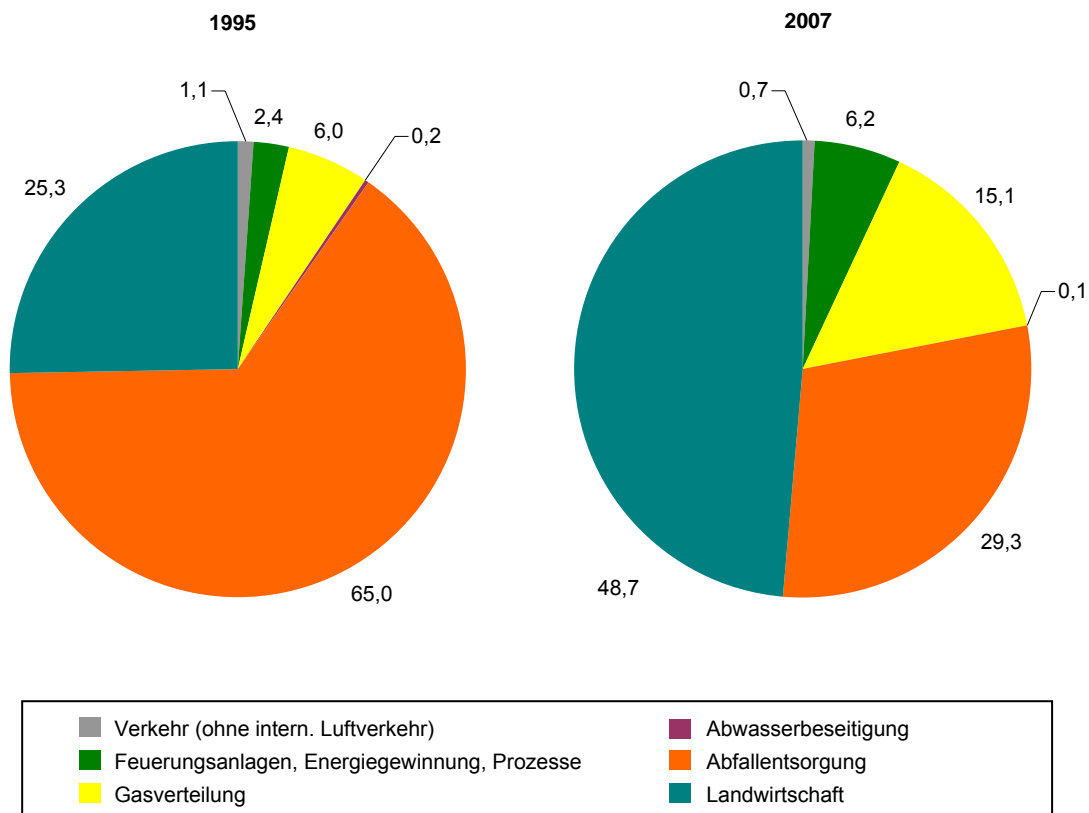
Emissionssektor	1995	2000	2003	2004	2005	2006	2007
CH <sub>4</sub> -Emissionen in t							
Verkehr gesamt <sup>1)</sup>	2 172	1 262	973	769	648	648	568
Feuerungsanlagen	1 574	1 955	2 110	2 125	2 089	2 151	2 211
Gasverteilung	11 763	11 922	13 763	13 651	14 177	13 766	13 132
Abwasserbeseitigung	295	71	61	58	55	55	51
Abfallentsorgung	127 768	68 571	41 901	35 703	30 571	28 011	25 503
Landwirtschaft	49 822	46 475	44 455	42 509	42 731	42 364	42 453
Energiegewinnung	3 155	2 965	3 287	3 285	3 359	3 173	3 170
Prozesse	0	0	0	0	0	0	0
CH <sub>4</sub> -Emissionen insgesamt	196 549	133 220	106 549	98 098	93 629	90 167	87 089
Struktur der CH <sub>4</sub> -Emissionen in %							
Verkehr gesamt <sup>1)</sup>	1,1	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7
Feuerungsanlagen	0,8	1,5	2,0	2,2	2,2	2,4	2,5
Gasverteilung	6,0	8,9	12,9	13,9	15,1	15,3	15,1
Abwasserbeseitigung	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Abfallentsorgung	65,0	51,5	39,3	36,4	32,7	31,1	29,3
Landwirtschaft	25,3	34,9	41,7	43,3	45,6	47,0	48,7
Energiegewinnung	1,6	2,2	3,1	3,3	3,6	3,5	3,6
Prozesse	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CH <sub>4</sub> -Emissionen insgesamt	100	100	100	100	100	100	100
Entwicklung der CH <sub>4</sub> -Emissionen 1995 = 100							
Verkehr gesamt <sup>1)</sup>	100	58	45	35	30	30	26
Feuerungsanlagen	100	124	134	135	133	137	140
Gasverteilung	100	101	117	116	121	117	112
Abwasserbeseitigung	100	24	21	20	19	19	17
Abfallentsorgung	100	54	33	28	24	22	20
Landwirtschaft	100	93	89	85	86	85	85
Energiegewinnung	100	94	104	104	106	101	100
Prozesse	—	—	—	—	—	—	—
CH <sub>4</sub> -Emissionen insgesamt	100	68	54	50	48	46	44
1) Ohne internationalen Luftverkehr.							

Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder, Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes.

Die Bedeutung der Sektoren für die gesamten Methan-Emissionen hat sich im Betrachtungszeitraum signifikant verschoben. 1995 wurden zwei Drittel des Methans von Hausmülldeponien und Kompostierungsanlagen emittiert, während die landwirtschaftliche Tierhaltung nur ein Viertel der Methan-Emissionen abgab. Seitdem gab es eine deutliche Schwerpunktverlagerung. Zwischen 1995 und 2007 haben sich die Emissionen der relevanten Abfallentsorgungsanlagen um mehr als

vier Fünftel von 127 800 t auf 25 500 t vermindert. Hauptursache hierfür ist der starke Rückgang bei den deponierten Abfallmengen und die konsequente Deponiegasnutzung gewesen. Auch die landwirtschaftlichen Methan-Emissionen haben sich gegenüber 1995 reduziert, allerdings in erheblich geringerem Umfang (– 15 %). Die Emissionsminderung ergibt sich hier ursächlich aus der Verringerung der Tierbestände. Insbesondere bei Rindern, die mit rund neun Zehnteln zu den landwirtschaftlichen Methanemissionen beitragen, ging der Bestand in Hessen seit 1995 um über ein Fünftel zurück. Der Methan-Austrag bei der Gasverteilung hat um rund 1400 t zugenommen, was hauptsächlich auf kontinuierliche Netzerweiterungen zurückzuführen ist. Aufgrund der strukturellen Veränderungen bei den Emissionssektoren hat sich der Anteil an den Gesamtemissionen bei diesem Sektor im Beobachtungszeitraum fast verdreifacht (Abbildung 14).

**Abbildung 14 Entwicklung der Methan-Emissionen in Hessen in den Jahren 1995 und 2007**



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

In der sektoralen Verteilung der Methan-Emissionen zeigen sich zwischen Hessen und Deutschland insgesamt wenige Unterschiede. Beim wichtigsten Emissionssektor, der Landwirtschaft, liegt der hessische Wert (49 %) leicht unter dem deutschen (52 %). Die hessischen Anteilswerte der Energiegewinnung und Gasverteilung (19 %) liegen etwas deutlicher unter denen Deutschlands (24 %), da in Hessen keine Energieträger gefördert werden. Hier schlagen nur die Gasverteilung sowie in geringem Maße die Umwandlungsprozesse bei der Gasbereitstellung zu Buche. Mit

einem Anteil von 29 % haben die hessischen Emissionen aus dem Entsorgungsbereich (Abfallwirtschaft, Abwasserbeseitigung) eine größere Bedeutung als im Bund (Deutschland: 18 %). Insbesondere der Beitrag der Hausmülldeponien war im gesamten Betrachtungszeitraum für Hessen höher.

## **4 Lachgas-Emissionen**

### **4.1 Methode zur Ermittlung der Lachgas-Emissionen**

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 Lachgas-Emissionen tragen in Deutschland zu rund 6 % zu den Treibhausgas-freisetzen 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 bei ausgewählten industriellen Produktionsprozessen (Adipin- und Salpetersäureherstellung, Nylonproduktion). Außerdem setzen Verbrennungsprozesse in Heizkraftwerken und Heizwerken sowie Fahrzeugen Lachgas frei.

Auch die Berechnungen zu den Lachgas-Emissionen erfolgen im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung 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 2009. Auch in diesem Berichtsjahr wurden bei einigen Emittentensektoren Anpassungen vorgenommen (vor allem bei den Emissionsfaktoren), die von der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder nachvollzogen wurden. Die Zeitreihen haben sich entsprechend geändert.

Für die Sektoren „Verkehr“, „Feuerungsanlagen“, „Abwasserbeseitigung“ und „Landwirtschaft“ wurden die gleichen Datenquellen wie für die Berechnung der Methan-Emissionen herangezogen (siehe Kapitel 3.1) – unter Verwendung der spezifischen Emissionsfaktoren für Lachgas. Darüber hinaus ist Folgendes zu beachten: Im Sektor Landwirtschaft wurden zusätzlich amtliche Ergebnisse der Bodennutzungshaupterhebungen zu den Hauptnutzungsarten der landwirtschaftlichen Flächen sowie über die Düngemittelversorgung einbezogen. Hier wurden auch indirekte Emissionen berücksichtigt, die bei der Deposition von Stickstoffverbindungen aus der Luft sowie durch Auswaschungen aus gedüngten Flächen entstehen.

Ab Berichtsjahr 2004 wurde der Bereich Abwasserbeseitigung neu bewertet. Es werden nur noch die Sickeranlagen berücksichtigt. Erweitert wurde die Bilanzierung um Emissionen aus Kompostierungsanlagen. Bei den so genannten Produktanwendungen stehen Narkosemittel im Vordergrund.

### **4.2 Die Lachgas-Emissionen im Einzelnen**

Im Jahr 2007 wurden in Hessen knapp 5800 t Lachgas freigesetzt, das sind rund 2,4 % weniger als ein Jahr zuvor. Bezogen auf 1995 verminderte sich der Lachgas-Ausstoß um 8,9 %. Der hessische Anteil an den Lachgas-Emissionen Deutschlands lag 2007 bei 3 %. Er hat sich seit 1995 um 0,4 Prozentpunkte erhöht. Am höchsten waren die Lachgas-Emissionen im Jahr 2000, wobei die Hauptmenge auf den Sektor Landwirtschaft und hierin auf eine ungewöhnlich hohe Einsatzmenge an Stickstoffdünger zurückzuführen war. Im Jahr 2004 war diese Menge ebenfalls leicht erhöht,

wodurch die ansonsten kontinuierlich rückläufige Entwicklung der Gesamtemissionen an Lachgas kurzzeitig unterbrochen wurde.

In Deutschland reduzierten sich die Lachgas-Emissionen seit 1995 stärker als in Hessen, und zwar um 22 %. Seit Ende der neunziger Jahre pendelt der Ausstoß im Bundesgebiet zwischen 183 000 und 198 000 t. Ausschlaggebend für die Schwankungen ist in erster Linie die Bodennutzung in der Landwirtschaft gewesen. Der Emissionsanstieg im Jahr 2007 muss allerdings auf die Konjunktur in der chemischen Industrie zurückgeführt werden. Für Deutschland schlägt sich vor allem die Emissionsminderung bei den Produktanwendungen und Prozessen nieder. Seit 1995 sind die Lachgasemissionen in diesem Sektor im Bund um mehr als die Hälfte zurückgegangen.

Jedem hessischen Einwohner ist gut 1 kg Lachgas zuzurechnen, wobei dieser Wert seit 1995 in Hessen (eine Ausnahme bildete der Anstieg im Jahr 2000) zurückgegangen ist, allerdings nur sehr langsam. In Deutschland entfielen 2007 auf jeden Einwohner 2,3 kg. Der Pro-Kopf-Lachgasausstoß hat sich hier parallel zur Entwicklung der Gesamtmenge um über 22 % vermindert. Dennoch ist dieser spezifische Lachgas-Ausstoß für den Bund mehr als doppelt so hoch wie in Hessen (Tabelle 9).

**Tabelle 9 Lachgas-Emissionen in Hessen und in Deutschland 1995 bis 2007**

	1995	2000	2003	2004	2005	2006	2007	1995/2007
Lachgas-Emissionen <sup>1)</sup> in t								
Hessen	6 355	6 725	6 051	6 249	5 993	5 930	5 790	Veränderungen in % – 8,9
Deutschland	244 351	185 715	185 586	193 419	186 371	182 756	190 412	– 22,1
Deutschland = 100								
Hessen	2,6	3,6	3,3	3,2	3,2	3,2	3,0	
Lachgas-Emissionen <sup>1)</sup> je Einwohner in kg								
Hessen	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	Veränderungen in % – 10,1
Deutschland	3,0	2,3	2,2	2,3	2,3	2,2	2,3	– 22,6
Deutschland = 100								
Hessen	35,4	49,1	44,2	43,8	43,5	44,0	41,2	

1) Ohne internationalen Luftverkehr.

Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes.

Im gesamten Betrachtungszeitraum hatten die meisten der Lachgas-Emissionen ihre Ursache in der Landwirtschaft, d. h. Intensivtierhaltung und industrieähnliche Pflanzenproduktion bestimmten den Lachgashaushalt in Hessen nachhaltig. Die sektorale Struktur blieb im Wesentlichen gleich (Abbildung 15). 1995 trug die Landwirtschaft zu 67 % zu den gesamten Lachgas-Emissionen bei. Feuerungsanlagen machten im Jahr 1995 10 % aus, Abwasserbeseitigung und Kompostierung kamen zusammen auf 8,6 %. Dahinter folgten der Verkehrssektor mit 7,9 % und industrielle Prozesse mit 6,6 % (Tabelle 10).

**Tabelle 10 Entwicklung der Lachgas-Emissionen in Hessen 1995 bis 2007**

Emissionssektor	1995	2000	2003	2004	2005	2006	2007
N <sub>2</sub> O-Emissionen in t							
Verkehr gesamt <sup>1)</sup>	501	448	385	348	321	305	282
Feuerungsanlagen	649	597	568	567	534	538	545
Abwasserbeseitigung/Kompostierung	548	577	583	583	583	581	581
Landwirtschaft	4 238	4 786	4 217	4 454	4 258	4 211	4 087
<i>darunter</i>							
<i>Viehhaltung</i>	312	293	283	273	275	273	275
<i>Düngeranwendung</i>	2 030	2 473	2 065	2 177	2 052	1 997	1 883
<i>indirekte Emissionen</i>	775	850	770	797	768	761	747
Prozesse, Produktanwendungen	418	316	298	297	297	295	295
N <sub>2</sub> O-Emissionen insgesamt	6 355	6 725	6 051	6 249	5 993	5 930	5 790
Struktur der N <sub>2</sub> O-Emissionen in %							
Verkehr gesamt <sup>1)</sup>	7,9	6,7	6,4	5,6	5,4	5,1	4,9
Feuerungsanlagen	10,2	8,9	9,4	9,1	8,9	9,1	9,4
Abwasserbeseitigung/Kompostierung	8,6	8,6	9,6	9,3	9,7	9,8	10,0
Landwirtschaft	66,7	71,2	69,7	71,3	71,0	71,0	70,6
<i>darunter</i>							
<i>Viehhaltung</i>	4,9	4,4	4,7	4,4	4,6	4,6	4,8
<i>Stickstoffdünger</i>	31,9	36,8	34,1	34,8	34,2	33,7	32,5
<i>Indirekte Emissionen</i>	12,2	12,6	12,7	12,8	12,8	12,8	12,9
Prozesse, Produktanwendungen	6,6	4,7	4,9	4,8	5,0	5,0	5,1
N <sub>2</sub> O-Emissionen insgesamt	100	100	100	100	100	100	100
Entwicklung der N <sub>2</sub> O-Emissionen 1995 = 100							
Verkehr gesamt <sup>1)</sup>	100	89	77	69	64	61	56
Feuerungsanlagen	100	92	88	87	82	83	84
Abwasserbeseitigung/Kompostierung	100	105	106	106	106	106	106
Landwirtschaft	100	113	100	105	100	99	96
<i>darunter</i>							
<i>Viehhaltung</i>	100	94	91	87	88	87	88
<i>Stickstoffdünger</i>	100	122	102	107	101	98	93
<i>Indirekte Emissionen</i>	100	110	99	103	99	98	96
Prozesse, Produktanwendungen	100	76	71	71	71	71	71
N <sub>2</sub> O-Emissionen insgesamt	100	106	95	98	94	93	91

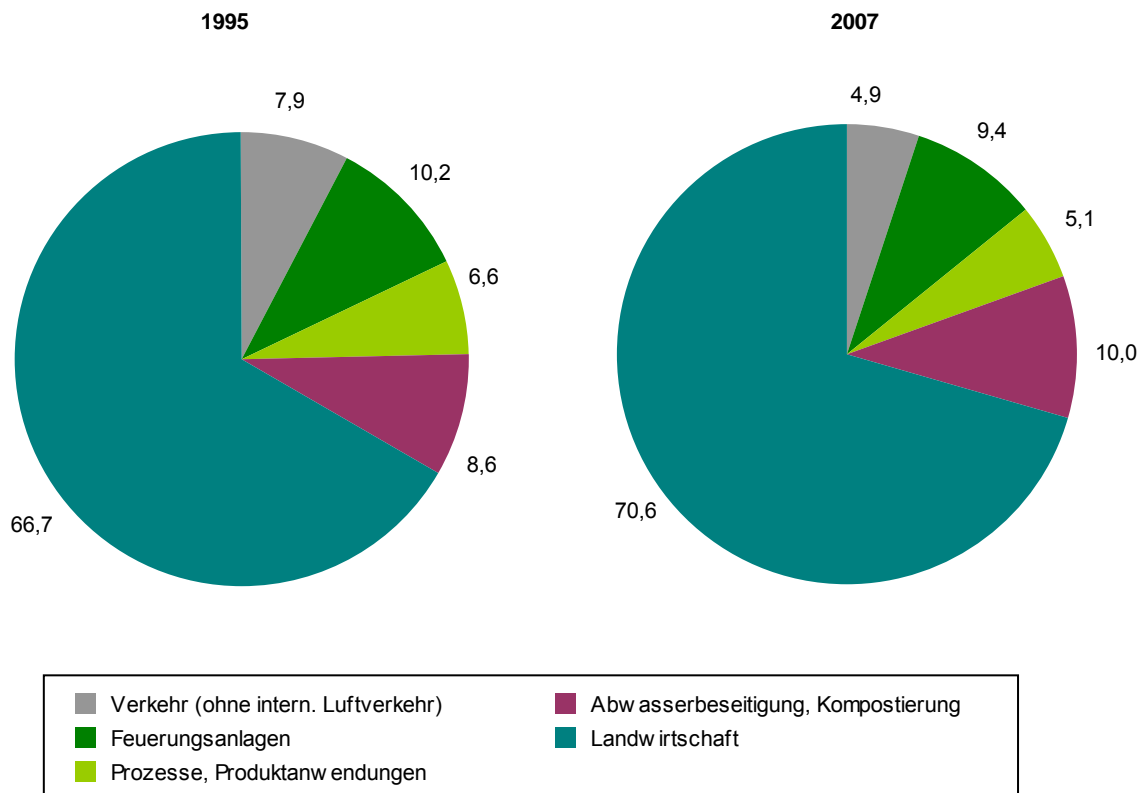
1) Ohne internationalen Luftverkehr.

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

Im Zeitverlauf erlangten die landwirtschaftlichen Emissionen in Hessen wie im Bund anteilig immer größere Bedeutung. Zuletzt lag der Emissionsanteil der Landwirtschaft im Bund bei zwei Dritteln. In Hessen machten sie 2007 knapp 71 % aus. Die Anteile des Verkehrssektors waren im Transitland Hessen, in welchem zudem der wichtigste deutsche Flughafen angesiedelt ist, mit 4,9 % mehr als 2,6-mal so hoch wie im Bundesdurchschnitt (1,9 %). Abwasserbeseitigung und Kompostierung hatten 2007 in Hessen mit 10 % einen gut doppelt so hohen Anteil wie im Bund (4,5 %). Im Gegensatz dazu werden in Hessen deutlich geringere Anteile (5,1 %) bei den

relevanten Industrieprozessen, die 2007 17 % der Lachgas-Emissionen Deutschlands ausmachten, verzeichnet.

**Abbildung 15 Entwicklung der Lachgas-Emissionen in Hessen in den Jahren 1995 und 2007**



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

## 5 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. Für die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen – als Hauptquelle der klimawirksamen Emissionen – stehen in Hessen seit 1990 Berechnungen zur Verfügung. Dafür wurden die Energiebilanzen des Landes zugrunde gelegt. Die prozessbedingten Emissionen wurden ab 1995 anhand der Produktionszahlen ausgewählter Herstellungsprozesse berechnet. Bei den Treibhausgasen Methan und Lachgas wurden ebenfalls ab 1995 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 deutlich 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 2007 um 4,5 Mill. t unter denen des Basisjahres 1990 (Tabelle 11).

**Tabelle 11 Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hessen von 1990 bis 2007 nach Sektoren (Auszug aus Tabelle 1)**

Emissionssektor	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mill. t									
Energiebedingte Emissionen im Inland <sup>1)</sup>	43,4	47,5	44,8	46,7	43,7	44,0	43,2	42,3	41,6	38,9
Energieerzeugung / -umwandlung	6,7	9,5	9,7	10,2	9,2	9,8	10,1	9,3	9,3	9,8
Industrie	6,1	5,8	4,3	4,3	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,8
Verkehr	15,3	15,5	16,2	15,8	15,4	14,9	14,9	14,1	13,6	13,4
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen <sup>2)</sup>	15,3	16,7	14,6	16,4	15,3	15,4	14,5	15,1	15,0	11,9
<i>Nachrichtl.: Internationaler Luftverkehr<sup>3)</sup></i>	6,9	8,6	11,3	11,2	11,3	11,5	11,6	12,1	11,6	12,0
1) Ohne nichtenergetischen Verbrauch und ohne internationalen Luftverkehr. – 2) Einschließlich militärischer Dienststellen. – 3) Jahresspezifischer Anteil gemäß NIR 2010.										

Quellen: Hessisches Statistisches Landesamt; DIW; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes.

Der Rückgang der absoluten Mengen an CO<sub>2</sub>-Emissionen im Zeitraum 1990 bis 2007 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 2007 um fast 30 % niedriger als die des Bundes.

- Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) wurde in Hessen im Vergleich zu Deutschland im Jahr 2007 mit einem um zwei Fünftel 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 2007 lag der hessische Wert bei vollständiger Einbeziehung aller Mineralölprodukte in den Primärenergieverbrauch um rund 18 % unter dem von Deutschland. Ohne das Flugbenzin für den internationalen Luftverkehr im Primärenergieverbrauch beträgt die Differenz lediglich 1,8 %. Hätte die Energieerzeugung aus Kernenergie ihren Beitrag der Vorjahre erbracht, wäre der Abstand bei der CO<sub>2</sub>-Intensität des Primärenergieverbrauchs deutlich größer ausgefallen.

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 1996 (Revised IPCC-Guidelines 1996 for national greenhouse gas inventories) verwendet, die auch dem Berechnungsstand im Rahmen der Nationalen Inventarberichterstattung und der Umweltökonomischen Gesamtrechnung entsprechen. Die nachstehende Tabelle 12 zeigt neben den jeweiligen GWP-Werten die Emissionsmengen für Hessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

**Tabelle 12 Entwicklung der Emissionen in Hessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten in den Jahren 1995 bis 2007**

Treibhausgas	Chemische Formel	GWP	1995	2000	2003	2004	2005	2006	2007	1995/ 2000	1995/ 2007
Menge in 1000 t CO <sub>2</sub> -Äquivalent										Veränderung in %	
Kohlendioxid	CO <sub>2</sub>	1	48 402	45 759	44 834	44 054	43 051	42 248	39 631	- 5,5	- 18,1
Energiebedingt <sup>1)2)</sup>	CO <sub>2</sub>	1	47 497	44 778	44 002	43 216	42 328	41 556	38 895	- 5,7	- 18,1
Prozessbedingt	CO <sub>2</sub>	1	904	981	832	838	723	692	736	8,4	- 18,6
Methan <sup>2)</sup>	CH <sub>4</sub>	21	4 128	2 798	2 238	2 060	1 966	1 894	1 829	- 32,2	- 55,7
Lachgas <sup>2)</sup>	N <sub>2</sub> O	310	1 970	2 085	1 876	1 937	1 858	1 838	1 795	5,8	- 8,9
<b>Insgesamt</b>			<b>54 499</b>	<b>50 641</b>	<b>48 948</b>	<b>48 051</b>	<b>46 875</b>	<b>45 980</b>	<b>43 255</b>	<b>- 7,1</b>	<b>- 20,6</b>

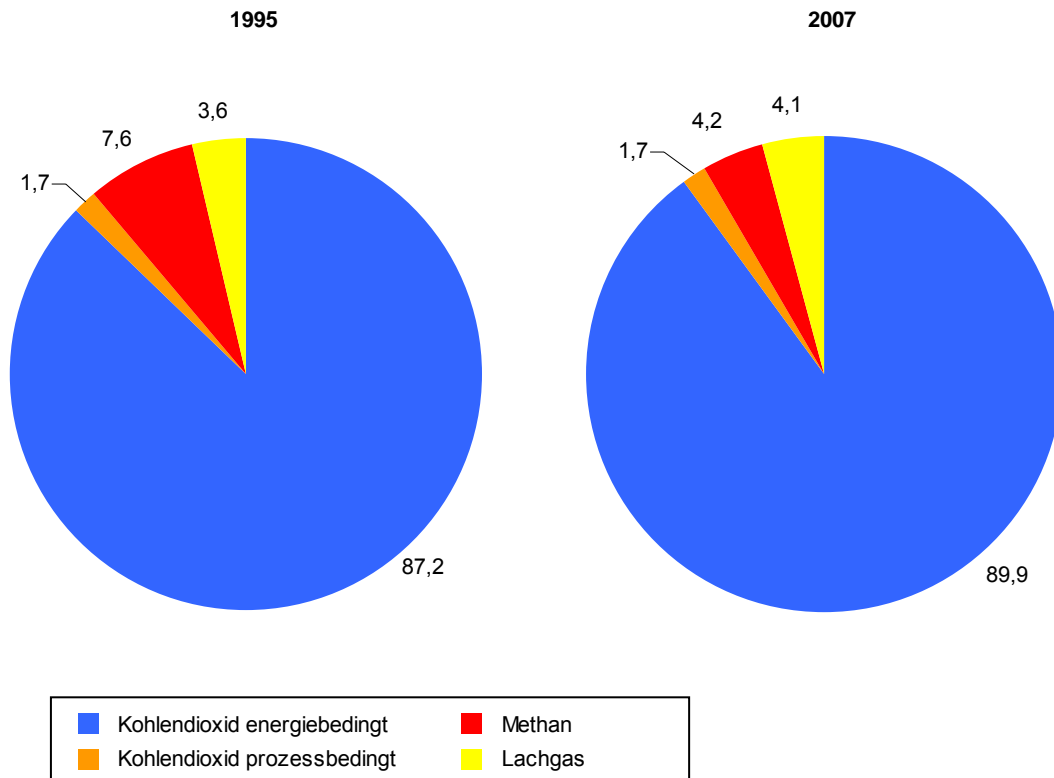
1) Ohne nichtenergetischen Verbrauch. – 2) Ohne internationalen Luftverkehr.

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

Im Jahr 2007 machten die energie- und prozessbedingten Emissionen von CO<sub>2</sub> in Hessen mit 39,6 Mill. t rund 92 % des Emissionsgeschehens von 43,3 Mill. t CO<sub>2</sub>-

Äquivalenten aus. Jeweils gut 4 % der Emissionen entfielen auf Methan und Lachgas. An dieser Struktur hat sich seit 1995 wenig geändert. Lediglich der Anteil des Methans hat sich deutlicher vermindert (Abbildung 16).

**Abbildung 16 Entwicklung der Gesamtemissionen in Hessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten in den Jahren 1995 und 2007**



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

Zu neun Zehnteln entstammten die Emissionen des Jahres 2007 aus stationären und mobilen Verbrennungsprozessen (energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen). Die Landwirtschaft und die Abfallentsorgung, als Hauptverursacher der Methan- und Lachgas-Emissionen, kamen auf einen Anteil an den CO<sub>2</sub>-Äquivalenten von 5 % bzw. 1,2 %. Die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen erreichten 1,7 %. 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.)

Insgesamt gingen die Emissionen der Treibhausgase in Hessen seit 1995 um rund 21 % zurück, wobei die einzelnen Treibhausgase unterschiedlich stark dazu beitrugen. So betragen die Emissionsveränderungen von 1995 bis 2007 bei einer mengenmäßigen Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente:

Kohlendioxid	– 18,1 %,
Methan	– 55,7 %,
Lachgas	– 8,9 %.

Zur Verminderung der Treibhausgas-Emissionen in Hessen trug die Abfallentsorgung durch Einsparungen in Höhe von 80 % bei Methan 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 4,9 % im Jahr 1995 auf die genannten 1,2 % im Jahr 2007. Die Landwirtschaft verursachte im Betrachtungszeitraum ebenfalls weniger Emissionen (– 8,5 %), ihr Anteil an den Gesamtemissionen wuchs indessen angesichts der Rückgänge in den anderen Sektoren leicht an.

---

## Verwendete Abkürzungen

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
EGKS	Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl
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
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry (engl.) = Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
Mill.	Millionen
N <sub>2</sub> O	Distickstoffoxid = Lachgas
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
SKE	Steinkohleneinheiten
t	Tonne(n)
UBA	Umweltbundesamt
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 Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder, [www.ugrdl.de](http://www.ugrdl.de)
- Arbeitskreis Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder, [www.statistik-hessen.de/erwerbstaetigenrechnung/](http://www.statistik-hessen.de/erwerbstaetigenrechnung/)
- Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, [www.vgrdl.de](http://www.vgrdl.de)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Guidelines for national greenhouse gas inventories, [www.ipcc-nggip.iges.or.jp](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp)
- Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2003 (WZ 2003)
- Länderarbeitskreis Energiebilanzen, [www.lak-energiebilanzen.de](http://www.lak-energiebilanzen.de)
- Nationaler Inventarbericht (NIR) zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 bis 2007, Umweltbundesamt, Dessau 2009
- Nationaler Inventarbericht (NIR) zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 bis 2008, Umweltbundesamt, Dessau 2010
- Berechnung der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft – Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2010 für 2008, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Braunschweig 2010
- Statistisches Bundesamt, [www.destatis.de](http://www.destatis.de)

# 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.

In Hessen lebten im Jahr 2009 mit rund 6,06 Millionen Menschen 7,4 % der Bevölkerung Deutschlands. Zwischen 1990 und 2003 ist die hessische Bevölkerung kontinuierlich angewachsen. In diesem Zeitraum kamen pro Jahr im Schnitt 29 000 Einwohner hinzu. Nach dieser lang anhaltenden Expansionsphase verminderte sich die Zahl der Einwohner 2004 erstmals leicht um 1200 Personen. Diese Abnahme wurde 2005 dann noch einmal mehr als kompensiert. Seit dem Höchststand im Jahr 2005 ging die Bevölkerungszahl durchgehend zurück. Sie reduzierte sich in den letzten vier Jahren um insgesamt 35 000 Personen. Dennoch lag die Einwohnerzahl in Hessen zuletzt um 343 000 oder 6 % über der des Jahres 1990.

**Tabelle 13 Entwicklung der Bevölkerung in Hessen und in Deutschland von 1990 bis 2009**

	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
1991	5 796	61 914	18 071	79 984	9,4	7,2
1992	5 878	62 698	17 897	80 594	9,4	7,3
1993	5 950	63 361	17 818	81 179	9,4	7,3
1994	5 972	63 683	17 739	81 422	9,4	7,3
1995	5 994	63 986	17 675	81 661	9,4	7,3
1996	6 018	64 277	17 619	81 896	9,4	7,3
1997	6 031	64 495	17 557	82 052	9,4	7,4
1998	6 032	64 564	17 465	82 029	9,3	7,4
1999	6 043	64 712	17 375	82 087	9,3	7,4
2000	6 058	64 904	17 284	82 188	9,3	7,4
2001	6 073	65 166	17 174	82 340	9,3	7,4
2002	6 085	65 421	17 061	82 482	9,3	7,4
2003	6 091	65 563	16 957	82 520	9,3	7,4
2004	6 089	65 637	16 864	82 501	9,3	7,4
2005	6 094	65 686	16 779	82 464	9,3	7,4
2006	6 079	65 673	16 693	82 366	9,3	7,4
2007	6 073	65 665	16 598	82 263	9,2	7,4
2008	6 070	65 613	16 507	82 120	9,3	7,4
2009	6 060	65 456	16 406	81 862	9,3	7,4

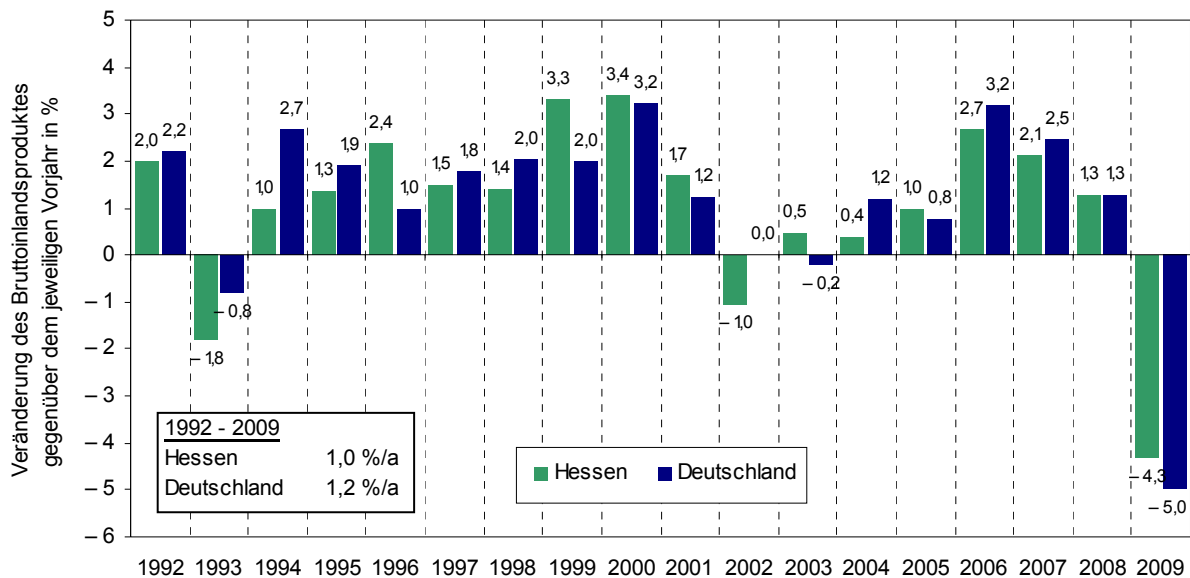
1) Ohne Berlin. – 2) Einschl. Berlin.

Quellen: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder; Statistisches Bundesamt.

In Deutschland lag der Bevölkerungszuwachs gegenüber dem Basisjahr bei nur 3,1 %, wobei die Einwohnerzahl hier bereits seit 2003 zurückgeht. 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 7,1 % angewachsen ist. Die neuen Bundesländer haben im Gegenzug in den letzten 18 Jahren mehr als ein Zehntel ihrer Einwohner verloren (Tabelle 13).

Über die Hälfte der hessischen Bevölkerung lebt in Ein- und Zwei-Personen-Haushalten. Insgesamt gab es im Jahr 2009 in Hessen 2,95 Millionen Privathaushalte. In 39 % aller Haushalte lebte nur eine Person. Die durchschnittliche Haushaltsgröße betrug 2,07 Personen. In den vergangenen 19 Jahren hat die Tendenz zu kleineren Haushalten weiter zugenommen. 1990 lag die durchschnittliche Haushaltsgröße noch bei 2,28 Personen je Haushalt; im Jahr 1950 waren es 3,00.

**Abbildung 17 Veränderung des Bruttoinlandsproduktes in Hessen und in Deutschland von 1992 bis 2009**



Quellen: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder; Statistisches Bundesamt; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes.

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 2003 (WZ 2003).

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. Veränderungsraten zur Verfügung. Für Strukturvergleiche, z. B. zwischen Hessen und Deutschland, werden jeweilige Preise (nominales Bruttoinlandsprodukt) verwendet. Basisjahr der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen ist 1991.

Das Wirtschaftswachstum unterlag im Betrachtungszeitraum Schwankungen. Im Jahr 2009 fielen diese besonders deutlich aus, als das hessische Bruttoinlandsprodukt um 4,3 % schrumpfte. Im gesamten Zeitraum von 1991 bis 2009 stieg es preisbereinigt um durchschnittlich 1 % pro Jahr. In Deutschland sank das Bruttoinlandsprodukt 2009 gegenüber 2008 um 5 %. Die preisbereinigte Wachstumsrate der letzten 18 Jahre hingegen fiel im Bundesdurchschnitt mit 1,2 % pro Jahr etwas höher aus als in Hessen (Abbildung 17).

Das hessische Bruttoinlandsprodukt betrug 2009 nominal 217 Milliarden Euro (Tabelle 14). Damit erreichte Hessen einen Anteil am Bruttoinlandsprodukt von Deutschland von 9 % – im Vergleich zu einem Bevölkerungsanteil von nur 7,4 %.

**Tabelle 14 Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes in Hessen sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2009**

	Hessen	Deutschland			Hessen im Vergleich zu	
		Alte <sup>1)</sup>	Neue <sup>2)</sup>	Insgesamt	den alten Bundesländern <sup>1)</sup>	Deutschland insgesamt
		Bundesländer				
	Mill. Euro in jeweiligen Preisen				%	
1991	141 526	1 363 978	170 622	1 534 600	10,4	9,2
1992	150 281	1 440 852	205 768	1 646 620	10,4	9,1
1993	152 690	1 453 762	240 608	1 694 370	10,5	9,0
1994	157 791	1 510 120	270 660	1 780 780	10,4	8,9
1995	162 706	1 559 463	288 987	1 848 450	10,4	8,8
1996	166 866	1 580 232	295 948	1 876 180	10,6	8,9
1997	169 581	1 615 815	299 765	1 915 580	10,5	8,9
1998	172 397	1 662 496	302 884	1 965 380	10,4	8,8
1999	179 607	1 702 561	309 439	2 012 000	10,5	8,9
2000	183 100	1 749 525	312 975	2 062 500	10,5	8,9
2001	189 495	1 794 095	319 065	2 113 160	10,6	9,0
2002	191 108	1 817 471	325 709	2 143 180	10,5	8,9
2003	195 783	1 835 005	328 795	2 163 800	10,7	9,0
2004	199 060	1 875 735	335 165	2 210 900	10,6	9,0
2005	202 492	1 903 306	338 894	2 242 200	10,6	9,0
2006	208 014	1 972 841	352 259	2 325 100	10,5	8,9
2007	215 137	2 060 630	367 570	2 428 200	10,4	8,9
2008	221 350	2 118 128	377 672	2 495 800	10,5	8,9
2009	216 515	2 034 741	372 459	2 407 200	10,6	9,0

1) Ohne Berlin. – 2) Einschließlich Berlin.

Quellen: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder; Statistisches Bundesamt.

Im Durchschnitt trug jeder hessische Einwohner im Jahr 2009 mit 35 700 Euro zum Bruttoinlandsprodukt bei, das sind 15 % mehr als in den alten Bundesländern (31 100 Euro). Im Vergleich zu den neuen Bundesländern, bei denen das Bruttoinlandsprodukt je Einwohner nur bei durchschnittlich 22 700 Euro lag, waren es

sogar fast sechs Zehntel mehr. Der Bundesdurchschnitt von 29 400 Euro je Einwohner wurde um ein Fünftel übertroffen (Tabelle 15). Im höheren Bruttoinlandsprodukt je Einwohner spiegelt sich die insgesamt größere Wirtschaftskraft Hessens wider.

**Tabelle 15 Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes je Einwohner in Hessen sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2009**

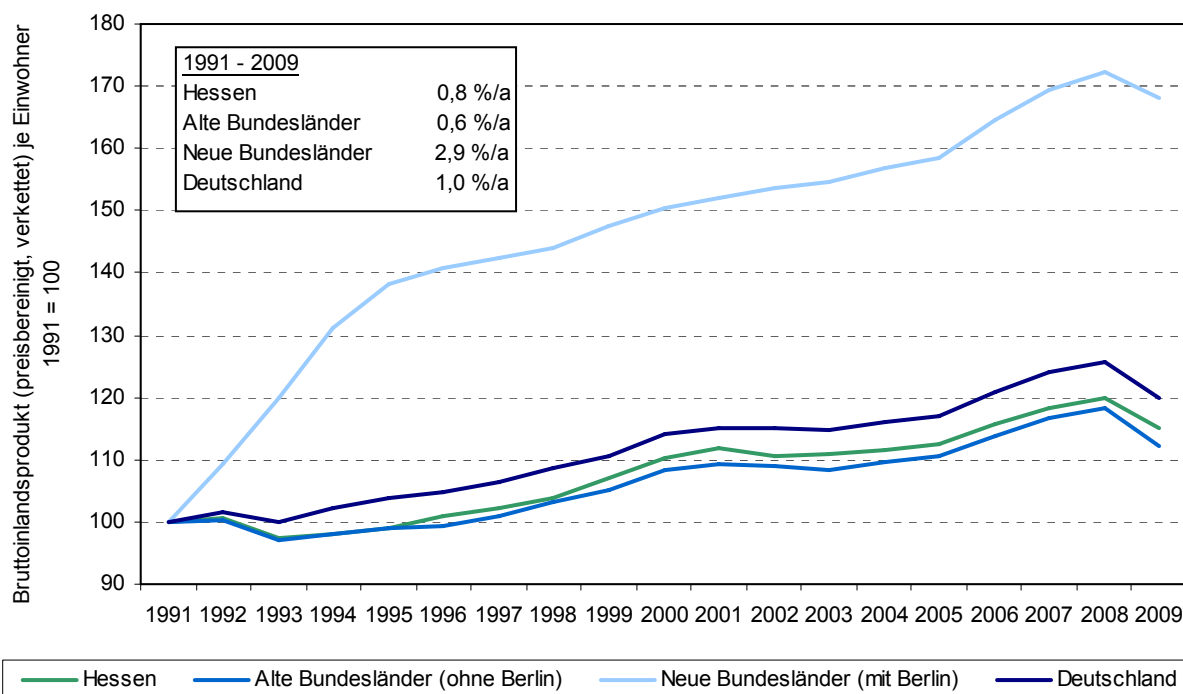
	Hessen	Deutschland			Hessen im Vergleich zu	
		Alte <sup>1)</sup>	Neue <sup>2)</sup>	Insgesamt	den alten Bundesländern <sup>1)</sup>	Deutschland insgesamt
		Bundesländer				
	Euro in jeweiligen Preisen je Einwohner				%	
1991	24 419	22 030	9 442	19 186	110,8	127,3
1992	25 566	22 981	11 497	20 431	111,2	125,1
1993	25 663	22 944	13 504	20 872	111,9	123,0
1994	26 422	23 713	15 258	21 871	111,4	120,8
1995	27 146	24 372	16 350	22 636	111,4	119,9
1996	27 728	24 585	16 797	22 909	112,8	121,0
1997	28 117	25 053	17 074	23 346	112,2	120,4
1998	28 580	25 750	17 342	23 960	111,0	119,3
1999	29 720	26 310	17 810	24 511	113,0	121,3
2000	30 223	26 956	18 108	25 095	112,1	120,4
2001	31 204	27 531	18 579	25 664	113,3	121,6
2002	31 407	27 781	19 091	25 984	113,1	120,9
2003	32 145	27 989	19 389	26 221	114,8	122,6
2004	32 690	28 577	19 874	26 798	114,4	122,0
2005	33 226	28 976	20 198	27 190	114,7	122,2
2006	34 218	30 041	21 102	28 229	113,9	121,2
2007	35 428	31 381	22 145	29 518	112,9	120,0
2008	36 467	32 282	22 879	30 392	113,0	120,0
2009	35 731	31 086	22 702	29 406	114,9	121,5

1) Ohne Berlin. – 2) Einschließlich Berlin.

Quellen: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder; Statistisches Bundesamt.

Das preisbereinigte Bruttoinlandsprodukt je Einwohner ist von 1991 bis 2009 in Hessen mit jahresdurchschnittlichen 0,8 % etwas langsamer als im Bund (1 %) gestiegen (Abbildung 18). 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. Im Vergleich mit den übrigen Ländern des früheren Bundesgebietes (durchschnittlich 0,6 %; ohne Berlin) wuchs die wirtschaftliche Leistung in Hessen überdurchschnittlich.

**Abbildung 18 Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt, verkettet) je Einwohner in Hessen sowie in den alten und neuen Bundesländern von 1991 bis 2009**



Quellen: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder; Statistisches Bundesamt; Berechnungen des Hessischen Statistischen Landesamtes.

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 2009 war allein der Wirtschaftsbereich „Finanzierung, Vermietung und Unternehmensdienstleistungen“ mit fast 39 % an der realen Bruttowertschöpfung aller Wirtschaftsbereiche beteiligt. In Deutschland trug der Bereich nur zu 31 % zur Bruttowertschöpfung bei. Der Bereich „Verkehr und Nachrichtenübermittlung“ spielte in Hessen als „Transitland“ mit internationalem Luftverkehrsdrehkreuz mit einem Anteil von 7 % eine größere Rolle als in Deutschland insgesamt mit 5,6 %. Dagegen fiel 2009 der Beitrag des Segments „Öffentliche und private Dienstleistungen“ mit knapp 20 % in Hessen niedriger aus als in Deutschland (24 %). Auch das Produzierende Gewerbe hatte in Hessen mit gut 17 % ein geringeres gesamtwirtschaftliches Gewicht als in Deutschland (22 %). Das Baugewerbe trug zu 4 % und die Landwirtschaft nur zu 0,5 % zur hessischen Bruttowertschöpfung bei (Tabelle 16).

**Tabelle 16 Struktur der Bruttowertschöpfung in Hessen und in Deutschland nach Wirtschaftsbereichen von 1991 bis 2009**

	Bruttowertschöpfung aller Wirtschaftsbereiche	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe	Baugewerbe	Handel, Gastgewerbe und Verkehr	darunter:		Finanzierung, Vermietung und Unternehmensdienstleister	Öffentliche und private Dienstleister
						Verkehr und Nachrichtenübermittlung			
Struktur der Bruttowertschöpfung in %									
Hessen insgesamt									
1991	100,0	0,9	28,0	5,1	19,6	6,7		29,6	16,9
1992	100,0	0,8	27,3	5,5	18,7	6,5		30,4	17,3
1993	100,0	0,7	24,9	5,2	19,0	6,7		32,6	17,7
1994	100,0	0,7	24,1	5,2	19,1	6,7		33,0	17,8
1995	100,0	0,7	23,3	4,9	19,3	6,6		33,5	18,2
1996	100,0	0,7	22,5	4,5	19,1	6,6		34,6	18,6
1997	100,0	0,7	22,2	4,2	19,2	6,7		34,6	19,1
1998	100,0	0,7	21,9	4,3	19,8	6,9		34,3	19,0
1999	100,0	0,7	21,6	4,2	19,4	7,0		35,4	18,8
2000	100,0	0,7	22,2	4,3	19,2	7,1		34,7	19,0
2001	100,0	0,7	21,6	4,0	19,1	6,8		36,0	18,6
2002	100,0	0,6	21,3	3,8	19,0	7,0		35,9	19,3
2003	100,0	0,5	21,2	3,6	18,7	6,9		36,9	19,0
2004	100,0	0,6	21,3	3,5	18,9	7,3		36,8	18,9
2005	100,0	0,4	21,1	3,3	19,3	7,1		36,8	19,1
2006	100,0	0,5	21,5	3,2	19,0	7,3		36,8	19,0
2007	100,0	0,6	20,6	3,5	19,8	7,3		37,1	18,4
2008	100,0	0,6	19,9	3,7	20,1	7,4		37,3	18,5
2009	100,0	0,5	17,5	4,1	19,4	7,0		38,8	19,8
Deutschland insgesamt									
1991	100,0	1,4	30,6	6,0	17,9	5,8		23,3	20,8
1992	100,0	1,3	28,8	6,6	17,7	5,8		24,1	21,5
1993	100,0	1,2	26,5	6,8	17,8	5,8		25,8	22,0
1994	100,0	1,2	25,9	7,0	17,9	5,7		26,0	22,0
1995	100,0	1,3	25,4	6,8	18,0	5,7		26,4	22,2
1996	100,0	1,3	24,9	6,3	17,6	5,4		27,2	22,6
1997	100,0	1,3	25,1	6,0	17,8	5,5		27,3	22,6
1998	100,0	1,2	25,3	5,6	18,1	5,5		27,1	22,6
1999	100,0	1,2	24,8	5,5	17,8	5,4		28,0	22,7
2000	100,0	1,3	25,1	5,2	18,2	5,5		27,5	22,8
2001	100,0	1,4	24,9	4,8	18,2	5,5		28,0	22,7
2002	100,0	1,1	24,6	4,6	18,0	5,7		28,6	23,1
2003	100,0	1,0	24,5	4,4	17,8	5,7		29,3	23,2
2004	100,0	1,1	25,1	4,2	17,7	5,9		29,1	22,9
2005	100,0	0,9	25,2	4,0	17,7	5,7		29,3	23,0
2006	100,0	0,9	26,0	3,9	17,6	5,8		29,2	22,4
2007	100,0	0,9	26,1	4,1	17,4	5,7		29,4	22,1
2008	100,0	0,9	25,6	4,3	17,7	5,7		29,4	22,1
2009	100,0	0,8	22,0	4,6	17,6	5,6		31,0	24,0

Quellen: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder; Statistisches Bundesamt.

Dabei hatte sich in den vergangenen 18 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 „Finanzierung, Vermietung und Unternehmensdienstleister“ zur hessischen Bruttowertschöpfung mit jeweils knapp 30 % etwa gleich hoch. 2009 dominierten die Dienstleistungen. Der Unterschied zwischen den Bereichen betrug nun 21 Prozentpunkte. In Deutschland war die Industrie 1991 sogar der anteilstärkste Wirtschaftsbereich. Seither hat sich das Verhältnis bei Industrie und unternehmensnahen Dienstleistungen 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 2009 in Hessen im Handel, Gastgewerbe, Verkehr sowie bei Finanz- und Unternehmensdienstleistern zusammen knapp die Hälfte der insgesamt 3,12 Millionen Erwerbstätigen beschäftigt. Für Deutschland kamen diese Wirtschaftsbereiche auf einen Anteil von 42 %. Das Produzierende Gewerbe machte in Hessen 17 % aus. Im Bundesgebiet lag sein Anteil 2 Prozentpunkte höher. Die Beschäftigung in Landwirtschaft und Baugewerbe hat in Hessen wie im gesamten Bundesgebiet eine geringere Bedeutung (Tabelle 17).

2009 lag die nominale Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen für die gesamte hessische Wirtschaft bei 62 100 Euro. Sie war damit um rund 8700 Euro höher als die der Bundesrepublik (53 400 Euro). Im Bereich „Finanzierung, Vermietung und Unternehmensdienstleister“ erreichte die spezifische Wertschöpfung mit 108 500 Euro je Erwerbstätigen einen Spitzenwert. Für Gesamtdeutschland betrug sie hier nur 96 300 Euro. Auch im Produzierenden Gewerbe (ohne Baugewerbe) steht Hessen besser als Deutschland da: Die Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen übertraf hier mit 62 800 Euro den Bundesdurchschnitt um rund 2200 Euro. Die auf die Zahl der Erwerbstätigen bezogene Bruttowertschöpfung der Landwirtschaft erzielte mit 19 400 Euro in Hessen nur rund ein Drittel des hessischen Gesamtdurchschnitts (62 100 Euro). Für das Bundesgebiet wurde mit 39 % ein etwas höherer Anteil (20 800 Euro gegenüber 53 400 Euro insgesamt) erreicht.

Auch bei der Arbeitsproduktivität, die sich im Quotienten aus Bruttoinlandsprodukt und Zahl der Erwerbstätigen ausdrückt, lag Hessen im Jahr 2009 vorn: Mit 69 500 Euro war sie um gut 16 % höher als der Bundesdurchschnitt.

**Tabelle 17 Zahl der Erwerbstätigen in Hessen und Deutschland nach Wirtschaftsbereichen von 1991 bis 2009**

	Erwerbstätige insgesamt	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe	Baugewerbe	Handel, Gastgewerbe und Verkehr	darunter:		Finanzierung, Vermietung und Unternehmensdienstleister	Öffentliche und private Dienstleister
						Verkehr und Nachrichtenübermittlung			
	in 1000	Sektorale Struktur der Erwerbstätigen in %							
		Hessen insgesamt							
1991	2 925	2,4	27,8	6,1	27,4	7,5		13,0	23,4
1992	2 962	2,3	27,2	6,1	27,3	7,4		13,4	23,6
1993	2 933	2,2	25,9	6,1	27,4	7,3		14,1	24,4
1994	2 914	2,1	24,9	6,2	27,1	7,1		14,8	24,9
1995	2 903	2,0	24,3	6,3	26,8	6,9		15,4	25,3
1996	2 909	1,7	23,4	6,3	26,6	6,7		16,1	26,0
1997	2 904	1,6	22,6	6,0	26,6	6,5		16,7	26,5
1998	2 930	1,6	22,0	5,8	26,4	6,7		17,6	26,6
1999	2 972	1,6	21,3	5,6	26,5	6,9		18,7	26,3
2000	3 041	1,5	20,7	5,4	26,7	7,0		19,7	26,0
2001	3 074	1,5	20,4	5,2	26,6	7,0		20,3	25,9
2002	3 061	1,5	20,0	5,1	26,5	6,9		20,7	26,3
2003	3 026	1,5	19,5	5,0	26,4	7,0		20,9	26,6
2004	3 037	1,5	19,0	4,9	26,6	7,0		21,2	26,9
2005	3 027	1,4	18,5	4,8	26,8	7,1		21,4	27,1
2006	3 038	1,4	18,1	4,8	26,6	7,2		22,0	27,1
2007	3 082	1,4	17,9	4,8	26,4	7,1		22,2	27,2
2008	3 116	1,4	17,8	4,8	26,3	7,1		22,4	27,3
2009	3 122	1,4	17,2	4,7	26,3	7,0		22,3	28,0
		Deutschland insgesamt							
1991	38 621	3,9	29,3	7,3	24,1	6,3		9,7	25,7
1992	38 059	3,4	27,5	7,7	24,6	6,3		10,3	26,5
1993	37 555	3,2	25,9	8,1	24,8	6,2		10,9	27,1
1994	37 516	3,0	24,6	8,5	24,8	6,0		11,4	27,6
1995	37 601	2,9	23,9	8,6	24,7	5,8		11,8	28,0
1996	37 498	2,6	23,3	8,4	24,8	5,6		12,3	28,6
1997	37 463	2,5	22,9	8,0	24,8	5,4		12,8	28,8
1998	37 911	2,5	22,7	7,7	24,9	5,4		13,4	28,8
1999	38 424	2,5	22,1	7,4	25,0	5,4		14,1	28,9
2000	39 144	2,4	21,8	7,1	25,1	5,4		14,8	28,8
2001	39 316	2,4	21,7	6,6	25,1	5,5		15,2	28,9
2002	39 096	2,3	21,4	6,2	25,2	5,5		15,5	29,4
2003	38 726	2,3	21,0	6,0	25,1	5,5		15,8	29,8
2004	38 880	2,2	20,6	5,8	25,2	5,5		16,2	29,9
2005	38 835	2,2	20,3	5,6	25,2	5,5		16,4	30,3
2006	39 075	2,1	20,0	5,6	25,1	5,5		16,9	30,3
2007	39 724	2,1	19,9	5,6	25,1	5,5		17,2	30,2
2008	40 276	2,1	19,9	5,4	24,9	5,5		17,4	30,1
2009	40 271	2,1	19,4	5,5	25,0	5,5		17,3	30,8

Quelle: Arbeitskreis Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder; Statistisches Bundesamt.

## **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 Veränderungsraten und Messzahlen der einzelnen Zeitreihen anhand des Kettenindex. Er ist auf ein Basisjahr normiert, wobei europaweit 2000 = 100 gilt. Die Wahl des Basisjahres hat keinen Einfluss auf die Werte der Veränderungsraten.

### **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, Energie,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz**

Mainzer Straße 80  
65189 Wiesbaden