



# Treibhausgas-Emissionsinventar

## Nordrhein-Westfalen

### 2009

Herausgeber: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW)  
Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen  
Telefon 02361 305-0  
Telefax 02361 305-3215  
E-Mail: [poststelle@lanuv.nrw.de](mailto:poststelle@lanuv.nrw.de)

Autoren: Volker Hoffmann, Sonja Opitz (LANUV NRW)

Stand: Dezember 2011

## **Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen**

Treibhausgase (THG) sind gasförmige Stoffe, die zum Treibhauseffekt beitragen, indem sie einen Teil der Infrarotstrahlung, die von der Erdoberfläche abgegeben wird, absorbieren. Die Energie dieser Strahlung verbleibt so teilweise in der Erdatmosphäre und wird nicht ans Weltall abgegeben. Es gibt Treibhausgase natürlichen Ursprungs und Treibhausgase, die anthropogen, also vom Menschen verursacht sind.

Am 11. Dezember 1997 wurde bei einer Konferenz in Kyoto in Japan das sogenannte Kyoto-Protokoll als Zusatzprotokoll zur Ausgestaltung der Klimarahmenkonvention (UNFCCC 1997) der Vereinten Nationen mit dem Ziel des Klimaschutzes beschlossen. Das am 16. Februar 2005 in Kraft getretene und 2012 auslaufende Abkommen schreibt erstmals verbindliche Zielwerte für den Ausstoß von Treibhausgasen fest, welche die hauptsächliche Ursache der globalen Erwärmung sind.

Im Rahmen des Kyoto-Protokolls hat sich die Europäische Union verpflichtet, eine Minderung der Emissionen klimaschädlicher Treibhausgase von 8% im Zeitraum 2008 bis 2012 gegenüber dem Basisjahr 1990 zu erreichen. Da die Voraussetzungen und Möglichkeiten zur Reduzierung der Emissionen in den Mitgliedstaaten unterschiedlich sind, wurde innerhalb der EU eine Lastenteilung vereinbart. Die Bundesrepublik Deutschland hat sich dabei verpflichtet, ihre THG-Emissionen im oben genannten Zeitrahmen um 21% zu senken. Als nächster Schritt werden bis 2020 laut Koalitionsvertrag der Bundesregierung Emissionsminderungen in Höhe von 40% zum Basisjahr 1990 angestrebt. Für das Jahr 2050 werden Minderungsziele von 80 bis 95% diskutiert. Nordrhein-Westfalen steht damit als wichtiger Industriestandort und bevölkerungsreichstes Bundesland vor der Herausforderung, seinen Beitrag zum Erreichen der deutschen Klimaschutzziele zu leisten.

Zur Dokumentation der Emissionsentwicklung hat Nordrhein-Westfalen ein Treibhausgas-Emissionsinventar eingerichtet, das den Vorgaben des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) entspricht und das durch das LANUV NRW zukünftig jährlich fortgeschrieben wird.

In diesem Inventar werden die jährlichen Emissionen der Treibhausgase Kohlenstoffdioxid/Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ), Distickstoffmonoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) sowie wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid ( $\text{SF}_6$ ) bilanziert. Die jährlichen Emissionen der Treibhausgase werden im THG-Emissionsinventar nach den IPCC-Sektoren Energie, Industrieprozesse, Landwirtschaft, Abfall und Sonstige detailliert dokumentiert.

$\text{CO}_2$  entsteht vor allem bei Verbrennungsvorgängen, während  $\text{N}_2\text{O}$  in größerem Umfang hauptsächlich bei Industrieprozessen und in der Landwirtschaft emittiert wird.  $\text{CH}_4$  tritt vor allem als flüchtige Emission aus Brennstoffen, z. B. im Steinkohlebergbau und der Öl- und Gaswirtschaft, auf sowie in der Landwirtschaft und in Abfalldeponien. Die Treibhausgase

HFC, PFC und SF<sub>6</sub> entstehen bei Produktanwendungen wie PKW-Klimaanlagen, Anlagen für Gewerbe- und Industriekälte und bei der Aluminiumherstellung.

Die Berechnungen für das Treibhausgas-Emissionsinventar orientieren sich an den Vorgaben der IPCC-Guidelines 2006 (IPCC 2006). Datengrundlagen für die Inventarerstellung sind:

- die Emissionsberichte des Emissionshandels, die seit dem Jahr 2005 vorliegen,
- die Emissionserklärungen nach der 11. Bundes-Immissionsschutzverordnung (11. BImSchV),
- Berichte aus dem Pollutant Release and Transfer Register (PRTR), das Informationen zur Freisetzung von Schadstoffen von Industriebetrieben in Wasser, Luft und Boden sowie die Verbringung von Abfallmengen enthält,
- weitere Statistiken, wie die Energiebilanz NRW und Produktionsstatistiken.

Weiterhin werden als Berechnungsgrundlage Daten (z. B. Emissionsfaktoren) verwendet, die das Umweltbundesamt (UBA) im Nationalen Inventarbericht (NIR) zum Deutschen Treibhausgasinventar im Rahmen der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen veröffentlicht.

Für die Emissionsberechnung werden dem eingesetzten (Brenn)Stoff jeweils stoffspezifische Emissionsfaktoren zugeordnet. Der Emissionsfaktor bezeichnet das Verhältnis zwischen Masse des freigesetzten Stoffes (das Treibhausgas) und eingesetzter Masse eines Ausgangsstoffes (z. B. der Energieträger Steinkohle). Weiterhin sind Emissionsfaktoren prozessspezifisch, d. h. der Einsatz eines Brennstoffs führt in unterschiedlichen Anlagentypen zu unterschiedlichen Emissionen. Durch die Multiplikation der Menge des eingesetzten Ausgangsstoffes mit dem entsprechenden stoff- und prozessspezifischen Emissionsfaktor wird die Menge des emittierten Treibhausgases berechnet.

Die Emissionen der verschiedenen Treibhausgase werden anhand ihres Global Warming Potential (GWP) in CO<sub>2</sub>-Äquivalente (Einheit CO<sub>2eq</sub>) umgerechnet. Das GWP ist ein Maß dafür, wie stark eine bestimmte Menge eines Treibhausgases im Vergleich zu Kohlendioxid zum Treibhauseffekt beiträgt. Dies ermöglicht den Vergleich unterschiedlicher Treibhausgase.

Entsprechend den Vorgaben des IPCC für Emissionsinventare wird bis 2012 für CH<sub>4</sub> mit einem Global Warming Potential (GWP) von 21 und für N<sub>2</sub>O mit einem GWP von 310 gerechnet. Aktuelle wissenschaftliche Untersuchungen ergeben jedoch andere GWP, so dass nach 2012 Änderungen der festgesetzten GWP und somit auch Veränderungen der berechneten Emissionsmengen zu erwarten sind.

Die Treibhausgasemissionen werden in der Tabelle in Gg CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2eq</sub>) angegeben (1 Gg = 1 Gigagramm = 1.000 Tonnen). Dies entspricht den Vorgaben des

IPCC für Treibhausgas-Emissionsinventare. Zum besseren Verständnis werden im Text die Emissionen in Millionen Tonnen (Mio. t) angegeben.

Die jährlichen Emissionen der Treibhausgase werden im THG-Emissionsinventar nach den IPCC-Sektoren Energie, Industrieprozesse, Landwirtschaft, Abfall und Sonstige detailliert dokumentiert. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Hauptsektoren.

Tabelle 1: Übersicht über die Emissionsektoren nach IPCC 2006

<b>IPCC-Sektor</b>	<b>Bezeichnung</b>
<b>1</b>	<b>Energie</b>
1A	Einsatz von Brennstoffen
1A1	Energiewirtschaft
1A2	Industrie (energiebedingte Emissionen) *
1A3	Verkehr
1A4-5	Haushalte und Kleinverbrauch/Sonstige
<b>1B</b>	<b>Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen</b>
1B1	Feste Brennstoffe
1B2	Öl und Erdgas
<b>1C</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Transport und Speicherung</b>
<b>2</b>	<b>Industrieprozesse (prozessbedingte Emissionen)</b>
2A	Mineralproduktion *
2B	Chemische Industrie *
2C	Metallproduktion *
2D-H	Produktanwendungen/Sonstige
<b>3</b>	<b>Landwirtschaft</b>
3A	Tierhaltung
3B	Landnutzungsänderung
3C	Bodennutzung
<b>4</b>	<b>Abfall</b>
4A	Abfalldeponien
4B	Biologische Abfallbehandlung
4C	Abfallverbrennung
4D	Abwasserreinigung

\* Zusammenfassung der gekennzeichneten Sektoren der Industrie unter 1A2

Um die Übersichtlichkeit und Verständlichkeit der Darstellungen zu erhöhen, werden in den folgenden Ausführungen die energiebedingten Emissionen des Sektors 1A2 Industrie, also Emissionen der Industrie, die beim Einsatz von Brennstoffen in Verbrennungsprozessen entstehen, und die prozessbedingten Emissionen der Sektoren 2A-2C Industrieprozesse, das sind Emissionen der Industrie, die bei chemischen Reaktionen entstehen, die keine Verbrennungsprozesse darstellen, unter dem Sektor 1A2 Industrie zusammengefasst (mit \* gekennzeichnete Sektoren in der Tabelle 1).

## 1 Entwicklung und aktueller Stand der THG-Emissionen in NRW

In den folgenden Abschnitten werden zunächst die aktuellen Emissionsdaten des Jahres 2009 (Abschnitt 1.1) und die Anteile der einzelnen Emissionssektoren (Abschnitt 1.2) näher betrachtet. In Abschnitt 1.3 werden die Ergebnisse der Unsicherheitenabschätzung des Inventars erläutert. In Abschnitt 1.4 folgt eine Abschätzung der Emissionen seit 1990, d.h. dem Basisjahr, auf das sich die Minderungsziele des Kyoto-Protokolls und auch die Ziele im Rahmen der Lastenteilung innerhalb der EU beziehen. Außerdem erfolgt ein Vergleich der nordrhein-westfälischen THG-Emissionen mit den gesamtdeutschen Emissionen und den Emissionen der EU-27 sowie ein Ausblick.

### 1.1 Treibhausgasemissionen NRW im Jahr 2009

2009 wurden in Nordrhein-Westfalen insgesamt 293,1 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert.

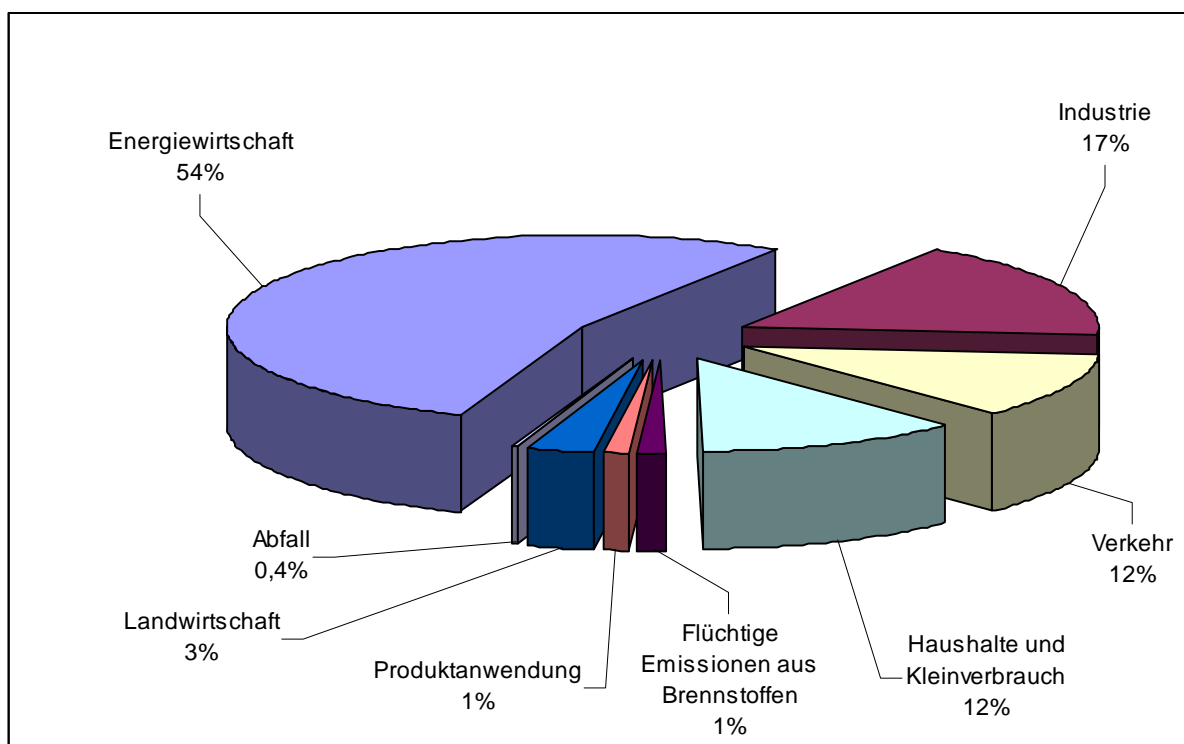


Abbildung 1: Verteilung der Gesamtemissionen in NRW in 2009 (insgesamt 293,1 Mio. t CO<sub>2eq</sub>)

54% der THG-Emissionen entstehen im Sektor Energiewirtschaft (Abbildung 1). Weitere bedeutende Emissionssektoren sind die Emissionen der Industrie (17%), der Verkehr (12%) sowie Haushalte und Kleinverbrauch (12%). Die Bereiche Landwirtschaft und Abfall verursachen etwa 3% bzw. 0,4% der nordrhein-westfälischen Treibhausgas-Emissionen. Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen, z. B. aus Steinkohlezechen und der Öl- und Gaswirtschaft, machen etwa 1% der Emissionen aus. Durch Produkthanwendungen wie beispielsweise PKW-Klimaanlagen und Gebäudekälte entsteht etwa 1% der THG-Emissionen.

Der Sektor 1C CO<sub>2</sub>-Transport und Speicherung ist in NRW zurzeit nicht relevant.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Emissionssektoren und die dort auftretenden Emissionen der verschiedenen Treibhausgase für das Jahr 2009.

Tabelle 2: Treibhausgasemissionen NRW im Jahr 2009

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC/PFC SF <sub>6</sub>	Gesamt	Anteil %
	<b>Gesamtemission NRW</b>	<b>270.833</b>	<b>8.120</b>	<b>10.793</b>	<b>3.370</b>	<b>293.116</b>	<b>100</b>
1A1	Energiewirtschaft	155.559	103	1.533	-	157.194	54
1A2/2A-2C	Industrie	46.000	20	3.691	60	49.771	17
1A3	Verkehr	34.031	28	366	-	34.425	12
1A4-5	Haushalte und Kleinverbrauch	34.657	63	82	-	34.802	12
1B	Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen	-	3.830	-	-	3.830	1
1C	CO <sub>2</sub> -Transport und Speicherung	-	-	-	-	-	-
2D-H	Produktanwendung/Sonstige	321	-	82	3.310	3.714	1
3	Landwirtschaft	265	3.411	4.668	-	8.343	3
4	Abfall	-	665	371	-	1.036	0,4

Die Gesamtemissionen setzen sich zu 92% aus Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), zu 3% aus Methan (CH<sub>4</sub>) und zu 4% aus Lachgas (N<sub>2</sub>O) zusammen.

Methan wird vor allem aus Steinkohlezechen im Sektor Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen, in der Landwirtschaft und im Sektor Abfall (AbfalldPONEN) emittiert.

N<sub>2</sub>O-Emissionen treten hauptsächlich in den Sektoren Landwirtschaft, Industrie und Energiewirtschaft auf.

HFC/PFC/SF<sub>6</sub>-Emissionen entstehen vorwiegend im Sektor Produktanwendungen und zu einem geringen Teil bei der Aluminiumherstellung; ihr Anteil an den Gesamtemissionen beträgt etwa 1%.

## 1.2 Emissionen der Sektoren im Jahr 2009

Im Folgenden werden die Emissionen der einzelnen Sektoren im Jahr 2009 näher beschrieben.

### Sektor Energie

Der Sektor Energie umfasst die Subsektoren Energiewirtschaft, Verkehr, Haushalte und Kleinverbraucher und Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen. Der Subsektor Energiewirtschaft kann weiter in die Subsektoren Öffentliche Strom- und Wärmeversorgung, Raffinerien und Herstellung fester Brennstoffe und sonstige Energieindustrie unterteilt werden (siehe Tabelle 3). Datengrundlage für die Ermittlungen der Emissionen des Sektors Energiewirtschaft sind hauptsächlich die Emissionsberichte der Anlagenbetreiber aus dem Emissionshandel. Für den Sektor Verkehr werden die Daten des Emissionskatasters Verkehr des LANUV NRW verwendet. Die Berechnungen für den Sektor Haushalte und Kleinverbrauch basieren auf der Energiebilanz NRW.

Die Emissionen des Subsektors Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen werden auf die Emissionsbereiche Feste Brennstoffe sowie Öl und Erdgas aufgeteilt. Für die Berechnungen der Flüchtigen Emissionen aus Festen Brennstoffen (v. a. Steinkohlezechen) werden sowohl anlagenspezifische Daten als auch gesamtdeutsche Daten aus dem Nationalen Inventarbericht des UBA genutzt. Für die Berechnung der Emissionen der Öl- und Gaswirtschaft liegen keine NRW-spezifischen Daten vor, so dass der Anteil für NRW von den gesamtdeutschen Daten des Nationalen Inventarberichtes abgeleitet wird.

Die energiebedingten Emissionen der Industrie (Sektor 1A2) werden zusammen mit den prozessbedingten Industrieemissionen im nächsten Kapitel beschrieben.

Der Sektor Energie (ohne 1A2 Industrie) ist der mit Abstand größte Emissionssektor in Nordrhein-Westfalen. 79% der Gesamtemissionen werden hier emittiert. Dazu trägt vor allem die öffentliche Strom- und Wärmeversorgung bei, die 48% der Gesamtemissionen verursacht.

Dieser hohe Anteil erklärt sich dadurch, dass in Nordrhein-Westfalen etwa 30% der bundesdeutschen Stromerzeugung stattfindet.

Der Sektor Verkehr trägt mit knapp 12% zu den nordrhein-westfälischen THG-Emissionen bei. Der Hauptteil der Emissionen in diesem Sektor wird durch den Straßenverkehr verursacht.

Die Erzeugung von Heizwärme, Warmwasser und Prozesswärme für die privaten Haushalte und die Kleinverbraucher macht ebenfalls etwa 12% der Emissionen aus.

Im Sektor 1B Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen werden CH<sub>4</sub>-Emissionen in Höhe von knapp 4 Mio. t CO<sub>2eq</sub> bilanziert, das entspricht einem Anteil von etwa 1%. Ein Großteil des

CH<sub>4</sub> wird aus dem Steinkohlebergbau und bei der Verteilung und Nutzung von Erdgas emittiert.

Der Sektor 1C CO<sub>2</sub>-Transport und Speicherung ist in Nordrhein-Westfalen zurzeit nicht relevant, da bisher keine entsprechenden Verfahren zur Abscheidung, zum Transport und zur Speicherung von Kohlendioxid betrieben werden.

Tabelle 3: Treibhausgasemissionen des Sektors Energie in NRW in 2009 (ohne den Sektor 1A2 Industrie)

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC/PFC SF <sub>6</sub>	Gesamt	Anteil %
	<b>Gesamtemission NRW</b>	<b>270.833</b>	<b>8.120</b>	<b>10.793</b>	<b>3.370</b>	<b>293.116</b>	<b>100,0</b>
<b>1</b>	<b>Energie (ohne 1A2 Industrie)</b>	<b>224.246</b>	<b>4.024</b>	<b>1.981</b>	-	<b>230.251</b>	<b>78,6</b>
1A	Einsatz von Brennstoffen (ohne 1A2 Industrie)	224.246	194	1.981	-	226.421	77,2
<b>1A1</b>	<b>Energiewirtschaft</b>	<b>155.559</b>	<b>103</b>	<b>1.533</b>	-	<b>157.194</b>	<b>53,6</b>
1A1a	Öffentl. Strom- u. Wärmeversorgung	140.280	41	1.445	-	141.766	48,4
1A1b	Raffinerien	8.795	3	25	-	8.823	3,0
1A1c	Herstellung fester Brennstoffe/ sonstige Energieindustrie	6.484	60	62	-	6.606	2,3
<b>1A3</b>	<b>Verkehr</b>	<b>34.031</b>	<b>28</b>	<b>366</b>	-	<b>34.425</b>	<b>11,7</b>
1A3a	Flugverkehr	457	1	7	-	464	0,2
1A3b	Straßenverkehr	31.538	26	199	-	31.763	10,8
1A3c	Schienenverkehr	145	-	17	-	162	0,1
1A3d	Schiffsverkehr	1.101	1	139	-	1.241	0,4
1A3e	Sonstiger Verkehr	790	1	4	-	795	0,3
<b>1A4-5</b>	<b>Haushalte und Kleinverbrauch</b>	<b>34.657</b>	<b>63</b>	<b>82</b>	-	<b>34.802</b>	<b>11,9</b>
<b>1B</b>	<b>Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen</b>	-	<b>3.830</b>	-	-	<b>3.830</b>	<b>1,3</b>
1B1	Feste Brennstoffe	-	2.632	-	-	2.632	0,9
1B2	Öl und Erdgas	-	1.198	-	-	1.198	0,4
1B2a	Ölwirtschaft	-	23	-	-	23	0,0
1B2b	Gaswirtschaft	-	1.175	-	-	1.175	0,4
<b>1C</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Transport und Speicherung</b>	-	-	-	-	-	-

## Sektor Industrie

Unter dem Sektor Industrie sind die energie- und prozessbedingten Emissionen der Industrie zusammengefasst (Tabelle 4).

Wichtigste Datengrundlagen für die Emissionsberechnungen sind die Betreiberangaben in den Emissionsberichten des Emissionshandels (Sektoren 1A2a, 1A2c, 1A2d, 1A2f) und den Emissionserklärungen nach der 11. BImSchV (Sektor 1A2b) sowie die Energiebilanz NRW (Sektoren 1A2e, 1A2g bis 1A2m).

Tabelle 4: Treibhausgasemissionen der Sektoren Industrie und Produktanwendungen in 2009 (energie- und prozessbedingte Emissionen der Industrie)

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC/PFC SF <sub>6</sub>	Gesamt	Anteil %
	<b>Gesamtemission NRW</b>	<b>270.833</b>	<b>8.120</b>	<b>10.793</b>	<b>3.370</b>	<b>293.116</b>	<b>100,0</b>
<b>1A2</b>	<b>Industrie</b>	<b>46.000</b>	<b>20</b>	<b>3.691</b>	<b>60</b>	<b>49.771</b>	<b>17,0</b>
1A2a	Eisen und Stahl	14.672	3	19		14.693	5,0
1A2b	Nichteisen-Metalle	1.329	1	8	60	1.398	0,5
1A2c	Chemische Industrie	15.050	10	3.569	-	18.629	6,4
1A2d	Zellstoff, Papier, Druck	1.613	1	23	-	1.638	0,6
1A2e	Nahrungsmittelindustrie	1.697	1	10	-	1.709	0,6
1A2f	Nichtmetallische Minerale	9.946	3	52	-	10.001	3,4
1A2g	Fahrzeugindustrie	293	0	1	-	295	0,1
1A2j	Holz und Holzprodukte	127	0	2	-	129	0,0
1A2l	Textil und Leder	211	0	1	-	212	0,1
1A2m	Sonstige	1.061	1	5	-	1.066	0,4
<b>2D-H</b>	<b>Produktanwendung/Sonstige</b>	<b>321</b>	<b>-</b>	<b>82</b>	<b>3.310</b>	<b>3.714</b>	<b>1,3</b>

Insgesamt wurden im Jahr 2009 von der nordrheinwestfälischen Industrie THG-Emissionen in Höhe von 50 Mio. t CO<sub>2eq</sub> ausgestoßen. Das entspricht etwa 17% der Gesamtemissionen. Der Hauptteil der Industrieemissionen entsteht beim Einsatz von Brennstoffen zur Energieerzeugung (etwa 78%).

Die größten Emittenten im Bereich Industrie sind die chemische Industrie, die Eisen- und Stahlproduktion und die Mineralproduktion (Zement-, Kalk- und Glasherstellung). Diese Industriesubsektoren haben jeweils auf Grund ihrer Emissionsmengen für die Gesamtemissionen in Nordrhein-Westfalen eine größere Bedeutung als beispielsweise die Sektoren Landwirtschaft und Abfall.

Im Sektor Industrie lässt sich die Entstehung der Treibhausgase den verschiedenen Prozessen zuordnen. CO<sub>2</sub> entsteht, abgesehen von der Mineralproduktion, vor allem bei Verbrennungsprozessen zur Energiebereitstellung. CH<sub>4</sub> fällt nur bei Verbrennungsprozessen an. N<sub>2</sub>O entsteht sowohl bei der Bereitstellung von Prozesswärme und Strom, als auch in

umfangreichem Maße bei chemischen Prozessen, insbesondere der Produktion von Salpetersäure (chemische Industrie). PFC und SF<sub>6</sub> werden bei der Produktion von Aluminium emittiert.

### Sektor Produktanwendung

Im Sektor Produktanwendung entstehen insgesamt 3,7 Mio. t/a CO<sub>2-eq</sub> bzw. etwas über 1% der nordrhein-westfälischen THG-Emissionen (Tabelle 4). Der größte Teil der THG-Emissionen dieses Sektors besteht aus HFC-, PFC- und SF<sub>6</sub>-Emissionen aus Klima- und Kälteanlagen, Schallschutzreifen und sonstigen Produktanwendungen. Weitere Anteile liefern u.a. CO<sub>2</sub>-Emissionen aus kohlenstoffhaltigen Lösemitteln sowie N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Einsatz von Lachgas als Narkosemittel.

Da statistische Daten für diesen Sektor für NRW nicht vorliegen oder nur mit großem Aufwand zu ermitteln sind, werden die HFC-/PFC- und SF<sub>6</sub>-Emissionen sowie die N<sub>2</sub>O- und CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Produktanwendung anhand der Angaben für Gesamtdeutschland auf NRW umgerechnet.

### Sektor Landwirtschaft

Im Sektor Landwirtschaft werden die Emissionen aus den Bereichen Tierhaltung, Landnutzungsänderung und Bodennutzung bilanziert (Tabelle 5). Der Sektor Tierhaltung setzt sich aus den Subsektoren Darmgärung (Verdauungsvorgänge in den Tiermägen) und Gülle-Management (Lagerung von Mist und Gülle) zusammen. Die Emissionen des Sektors Bodennutzung entstehen beispielsweise durch die Anwendung von Düngemitteln, Kalken und die Ausbringung von Mist und Gülle auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Der Sektor Landnutzungsänderung wird nicht bilanziert, da sich auch die Minderungsraten im Nationalen Inventar des UBA auf die Daten ohne Landnutzungsänderung beziehen.

Tabelle 5: Treibhausgasemissionen des Sektors Landwirtschaft in 2009 (Quelle: vTI, 2011)

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC/PFC SF <sub>6</sub>	Gesamt	Anteil %
	<b>Gesamtemission NRW</b>	<b>270.833</b>	<b>8.120</b>	<b>10.793</b>	<b>3.370</b>	<b>293.116</b>	<b>100,0</b>
<b>3</b>	<b>Landwirtschaft</b>	<b>265</b>	<b>3.411</b>	<b>4.668</b>	-	<b>8.343</b>	<b>2,8</b>
3A	Tierhaltung	-	3.411	-	-	3.411	1,2
3B	Landnutzungsänderung	-	-	-	-	-	-
3C	Bodennutzung	265	-	4.668	-	4.933	1,7

Die Daten im Sektor Landwirtschaft stammen vom Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), welches im Auftrag des Umweltbundesamtes die THG-Emissionen der deutschen Landwirtschaft für den Nationalen Inventarbericht berechnet.

Die Emissionen der nordrhein-westfälischen Landwirtschaft belaufen sich im Jahr 2009 auf 8,3 Mio. t CO<sub>2eq</sub>. Das entspricht 3% der Gesamtemissionen. Es werden vor allem CH<sub>4</sub> aus der Tierhaltung und N<sub>2</sub>O aus der Bodennutzung emittiert. Bei der Tierhaltung sind vor allem die Verdauungsvorgänge in den Tiermägen emissionsintensiv.

CO<sub>2</sub> wird in der Landwirtschaft nur zu einem sehr geringen Teil emittiert und entsteht vorwiegend bei der Kalkung von Böden.

### Sektor Abfall

Der Sektor Abfall setzt sich zusammen aus den Emissionssektoren Abfalldeponien, Biologische Abfallbehandlung, Abwasserreinigung und Sonstige (Tabelle 6). Insgesamt entstehen im Sektor Abfall CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen in Höhe von 1 Mio. t CO<sub>2eq</sub>. Dies entspricht einem Anteil von 0,4% an den nordrhein-westfälischen Gesamtemissionen.

Tabelle 6: Treibhausgasemissionen des Sektors Abfall in NRW in 2009

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC/PFC SF <sub>6</sub>	Gesamt	Anteil %
	<b>Gesamtemission NRW</b>	<b>270.833</b>	<b>8.120</b>	<b>10.793</b>	<b>3.370</b>	<b>293.116</b>	<b>100,0</b>
<b>4</b>	<b>Abfall</b>	-	<b>665</b>	<b>371</b>	-	<b>1.036</b>	<b>0,4</b>
4A	Abfalldeponien	-	505	-	-	505	0,2
4B	Biologische Abfallbehandlung	-	100	50	-	150	0,1
4C	Abfallverbrennung	-	-	-	-	-	-
4D	Abwasserreinigung	-	59	321	-	381	0,1
4E	Sonstige	-	-	-	-	-	-

Die Berechnungen basieren auf den Angaben von Anlagenbetreibern in PRTR-Berichten und den Daten aus der Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle. Für Anlagen, die aufgrund ihrer geringen Größe nicht berichtspflichtig sind, wurden die Emissionen geschätzt. Fast die Hälfte der Emissionen des Emissionssektors emittieren aus Abfalldeponien.

Die Emissionen aus der Abfallverbrennung in Müllverbrennungsanlagen werden im Sektor Energie bei der öffentlichen Strom- und Wärmeproduktion bilanziert.

### 1.3 Unsicherheitenabschätzung

Für das Inventarjahr 2009 wurde eine Abschätzung der Unsicherheiten durchgeführt. Die Berechnungen basieren auf Angaben des UBA zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren aus dem NIR und eigenen Abschätzungen der Unsicherheiten der Aktivitätsdaten. Sowohl für die Aktivitätsdaten als auch für die Emissionsfaktoren der einzelnen Treibhausgase der verschiedenen Sektoren lassen sich deutliche Unterschiede feststellen. So sind beispielsweise die Emissionsfaktoren für CO<sub>2</sub> meist mit geringeren Unsicherheiten als die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> behaftet. Auch die Aktivitätsdaten der Sektoren unterscheiden sich deutlich in ihren Unsicherheiten. Zum Beispiel kann für die Emissionsberichte, eine der wichtigsten Datenquellen für das Treibhausgas-Emissionsinventar, welche von zertifizierten Sachverständigen, LANUV-Sachverständigen und stichprobenartig auch von der Deutschen Emissionshandelsstelle überprüft werden, von einer relativ geringen Unsicherheit ausgegangen werden. Dagegen weisen z.B. Sektoren wie die Produktanwendung (Sektor 2D-H) relativ hohe Unsicherheiten auf, da die Daten über den Bevölkerungsanteil von den gesamtdeutschen Daten auf NRW hochgerechnet werden. Für die Sektoren können somit durchaus unterschiedliche Gesamtunsicherheiten basierend auf den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der Aktivitätsdaten festgestellt werden. Für den Sektor Landwirtschaft werden die Angaben zur Gesamtunsicherheit vom Johann Heinrich von Thünen Institut übernommen. Für den Sektor Abfall können nur Angaben zu den Abfalldéponien gemacht werden. Für die Treibhausgase HFC, PFC und SF<sub>6</sub> wird aufgrund der fehlenden Daten zu Unsicherheiten keine Unsicherheitenabschätzung vorgenommen. Da ihr Anteil an den Gesamtemissionen relativ gering ist, hat dies kaum Auswirkungen auf die Berechnung der Gesamtunsicherheit des Inventars.

Für alle Sektoren und die Treibhausgase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O ergibt sich für das Treibhausgas-Emissionsinventar eine Gesamtunsicherheit von 6,1%. Das UBA ermittelt für das nationale THG-Inventar im Nationalen Inventarbericht (NIR) eine Gesamtunsicherheit von 6,6%.

#### 1.4 Entwicklung der Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2009

Die Erstellung einer konsistenten Zeitreihe der THG-Emissionen seit 1990 auf einer einheitlichen Datenbasis ist nicht möglich, da die Emissionsberichte des Emissionshandels als wesentliche Basis des Inventars erst seit 2005 vorliegen. Für die vorhergehenden Jahre existiert jedoch ein Treibhausgasemissions-Inventar für NRW, das im Rahmen des Forschungsprojektes „Monitoring klimarelevanter Emissionen für Nordrhein-Westfalen“ vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (WI) im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Natur, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW für die Jahre 1990 bis 2000 erarbeitet wurde. Es wurde vom WI im Auftrag des LANUV NRW um das Jahr 2005 ergänzt. Wichtigste Basis dieses Inventars ist die Energiebilanz NRW, die jährlich von IT.NRW (früher Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik/LDS) bereitgestellt wird. Trotz der unterschiedlichen Datenbasis ergibt sich daraus sowie unter Zuhilfenahme weiterer Informationen wie der Emissionsentwicklung in Deutschland laut Nationalem Inventar des UBA eine plausible Abschätzung der Emissionen des Basisjahres sowie des bisherigen Trends.

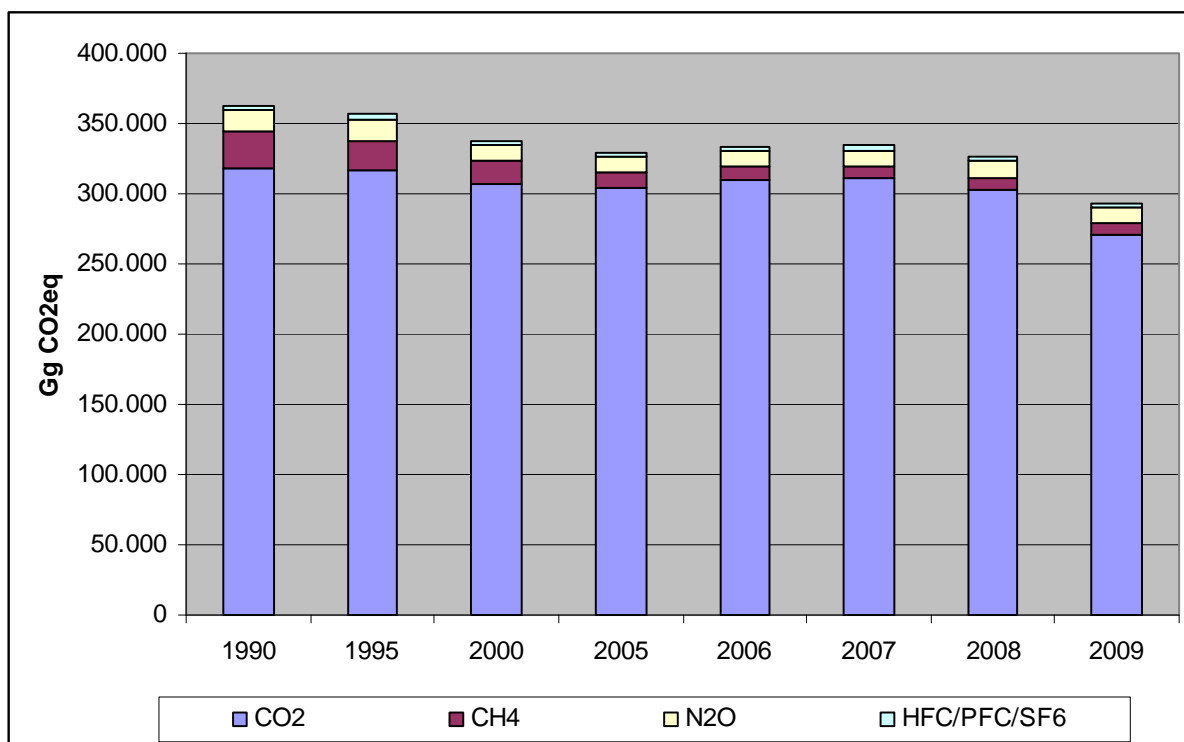


Abbildung 2: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in NRW nach Treibhausgasen (Quellen: WI, LANUV NRW, NIR 2011, eigene Darstellung)

Abbildung 2 und Tabelle 7 stellen die Entwicklung der THG-Emissionen in Nordrhein-Westfalen nach Treibhausgasen bzw. Emissionssektoren dar. Da HFC, PFC und SF<sub>6</sub> erst ab

dem Berechnungsjahr 1995 bilanziert werden, wurden hier für das Basisjahr 1990 ebenfalls die Emissionen von 1995 verwendet.

Tabelle 7: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in NRW nach Sektoren (Quellen: WI und LANUV NRW)

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
in Gg (1.000 t) CO <sub>2</sub> -Äquivalente								
Energiewirtschaft	159.438	164.851	159.236	174.538	179.606	185.788	175.846	157.194
Industrie	93.910	80.312	70.928	62.729	63.522	63.938	61.798	49.771
Verkehr	36.208	38.315	39.872	36.550	35.981	34.986	34.765	34.425
Haushalte / Kleinverbrauch	37.261	43.581	41.499	35.864	36.595	31.777	36.162	34.802
Fl. Emissionen aus Brennstoffen	18.435	13.553	11.337	5.797	5.175	5.067	4.959	3.830
Produktanwendungen/Sonstige	3.631	3.425	3.070	3.514	3.619	3.690	3.660	3.714
Landwirtschaft	9.924	9.133	9.210	8.257	8.016	8.003	8.406	8.343
Abfall	3.873	3.180	2.123	1.681	1.431	1.185	1.084	1.036
<b>Gesamtemissionen</b>	<b>362.679</b>	<b>356.351</b>	<b>337.275</b>	<b>328.932</b>	<b>333.946</b>	<b>334.435</b>	<b>326.681</b>	<b>293.116</b>

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden bis 2009 auf 271 Mio. t reduziert. Die N<sub>2</sub>O-Emissionen weisen einen leichten Rückgang auf, die CH<sub>4</sub>-Emissionen haben sich sogar um etwa zwei Drittel verringert. Die HFC/PFC/SF<sub>6</sub>-Emissionen sind dagegen angestiegen.

Es ist jedoch zu beachten, dass der starke Rückgang der Treibhausgasemissionen in 2009 durch die weltweite Finanz- und Wirtschaftskrise verursacht wurde. Die vorläufigen Daten für das Jahr 2010 lassen einen deutlichen Wiederanstieg erwarten.

Deutliche Emissionsminderungen traten seit 1990 in den Sektoren Industrie, Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen, Landwirtschaft und Abfall auf, während in den Sektoren Energiewirtschaft und Produkthanwendungen Emissionssteigerungen zu verzeichnen sind (Tabelle 7).

Von 2005 bis 2007 stiegen die Emissionen um 1,7% bzw. 6 Mio. t CO<sub>2eq</sub> an. Die teilweise im zweistelligen Prozentbereich liegenden Emissionsrückgänge (insgesamt etwa -7,1 Mio. t CO<sub>2eq</sub>) in den Sektoren Abfall, Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen, Haushalte und Kleinverbrauch, Verkehr und Landwirtschaft wurden durch zunehmende Emissionen in den Sektoren Energiewirtschaft und Industrie überkompensiert. Insbesondere die Zunahme der Emissionen im Sektor Energiewirtschaft um mehr als 11 Mio. t CO<sub>2eq</sub> trägt zu dieser Entwicklung bei.

In 2008 gehen die Emissionen wieder etwa auf das Niveau von 2005 zurück. Ob dies auf die Wirkung des Emissionshandels in der zweiten Handelsperiode ab 2008 oder auf die beginnende Wirtschaftskrise zurückzuführen ist, lässt sich nicht eindeutig beurteilen.

Im Jahr 2009 gehen die Gesamtemissionen durch die Finanz- und Wirtschaftskrise deutlich zurück. Im Vergleich zu 2008 werden 33,6 Mio. t CO<sub>2eq</sub> weniger emittiert, das entspricht einer Minderung von fast 12%. Die mengenmäßig größten Rückgänge zeigen sich in der Energiewirtschaft (-19 Mio. t CO<sub>2eq</sub>) und der Industrie (-12 Mio. t CO<sub>2eq</sub>, energie- und prozessbedingte Emissionen).

Im Einzelnen sind die Entwicklungen seit 1990 wie folgt zu begründen:

- Die Emissionen der Energiewirtschaft bewegen sich zwischen 1990 und 2000 auf etwa gleichbleibendem Niveau in der Größenordnung von 160 Mio. t. Die Emissionen erhöhen sich für das Jahr 2005 auf fast 175 Mio. t und steigen bis 2007 der Konjunktorentwicklung folgend weiter an. Die Differenz von ca. 15 Mio. t CO<sub>2eq</sub> bzw. knapp 10% zwischen den Jahren 2000 und 2005 kann im Wesentlichen auf die Steigerung der Stromproduktion aus Kraftwerken der öffentlichen Stromversorgung (+ 11% im gleichen Zeitraum) zurückgeführt werden, deren Emissionen diesen Sektor mit einem Anteil von ca. 90% dominieren. Die Erhöhung der Emissionen fällt etwas geringer aus als die der Stromproduktion, weil einige neu in Betrieb gegangene Kraftwerke höhere Wirkungsgrade aufweisen als der bestehende Kraftwerkspark und häufig mit dem relativ kohlenstoffarmen Brennstoff Erdgas betrieben werden. Die Emissionsentwicklung ist damit in diesem wichtigen Sektor plausibel und zeigt, dass die vom WI für 1990 bis 2000 auf Basis der Energiebilanz ermittelten Werte mit denen aus den Emissionsberichten ab 2005 verglichen werden können.
- Die beachtliche Reduzierung der Emissionen im Sektor Industrie ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen, insbesondere sind hier zu nennen:
  - technische Verbesserungen im Bereich der Energieeffizienz und bei der Emissionsminderung bestimmter Anlagen, z.B. bei der Salpetersäure-, Adipinsäure- und Aluminiumherstellung,
  - fortgesetzter industrieller Strukturwandel von der Montan- und Stahlindustrie zum Dienstleistungsgewerbe in NRW,
  - zunehmender Einsatz von Ersatzbrennstoffen mit biogenem Anteil, beispielsweise in der Zementindustrie.
- Bei den Emissionen des Verkehrs, die mit einem Anteil von ca. 90% vom Straßenverkehr dominiert werden, zeigt sich ein relativ gleichbleibendes Niveau. Nach einem fahrleistungsbedingten leichten Anstieg bis etwa zum Jahr 2000 sinken die Emissionen allmählich ab, wobei die Reduzierung in den letzten Jahren zu einem erheblichen Teil auf die Erhöhung des Biodiesel-Anteils am Kraftstoffverbrauch zurückzuführen ist. Beim Flugverkehr ist eine ansteigende Tendenz zu verzeichnen.

- Die Emissionen der Haushalte und Kleinverbraucher werden zum großen Teil vom Raumwärme- und Warmwasserbedarf geprägt, so dass sich in den Werten der Wärmebedarf der jeweiligen Jahre widerspiegelt. Außerdem spielt insbesondere beim Heizöl auch das Kaufverhalten aufgrund des Ölpreises und der Mehrwertsteuererhöhung im Jahre 2007 eine wichtige Rolle, da beim Öl in der Energiebilanz nicht der jährliche Verbrauch, sondern die verkaufte Menge bilanziert wird. Insgesamt ergeben sich aufgrund sich gegenseitig aufhebender Einflüsse kaum Änderungen: Zunehmende Wohnflächen kompensieren bisher weitgehend Energieeinsparmaßnahmen und den Einsatz von Erdgas bzw. erneuerbaren Energieträgern.
- Deutliche Minderungen um mehr als 70% treten bei den flüchtigen Emissionen aus Brennstoffen auf. Hier spielt der Rückgang der Grubengasemissionen (Methan) aus aktiven Steinkohlezechen aufgrund der zahlreichen Stilllegungen die entscheidende Rolle.
- Im Bereich Produktanwendung/Sonstige ist in den letzten Jahren eine Zunahme der HFC- und PFC-Emissionen durch den vermehrten Einbau von PKW-Klimaanlagen und die gestiegene Anzahl von installierten stationären Anlagen für Gewerbe- und Industriekälte sowie Gebäude- und Raumklimatisierung zu verzeichnen.
- Die Minderung der Emissionen aus der Landwirtschaft in der Größenordnung von 20% ist auf den Rückgang der Tierzahlen, die verbesserte Lagerung von Tierexkrementen sowie verringerten Dünger-/Mist- und Gülleeinsatz zurückzuführen.
- Im Sektor Abfall sind ebenfalls erhebliche Emissionsreduzierungen eingetreten, deren Ursachen im Wesentlichen im starken Rückgang bzw. Wegfall von unbehandelt abgelagerten Siedlungsabfällen aufgrund neuer gesetzlicher Regelungen sowie in der steigenden Effizienz bei der Gaserfassung von Deponiegasen liegen.

## 2 NRW im Vergleich

### 2.1 Vergleich NRW – Bundesrepublik Deutschland

Als Vergleichsdaten dienen die Angaben im Nationalen Inventar des UBA (UBA 2011). Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF, Land use, Land-Use Change and Forestry) werden dabei nicht berücksichtigt.

Mit Emissionen in Höhe von 293,1 Mio. t CO<sub>2eq</sub> liegt der Anteil Nordrhein-Westfalens an den bundesdeutschen THG-Emissionen bei 32% (Tabelle 8).

Insbesondere die Sektoren Energiewirtschaft, Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen und die Industrie weisen einen besonders großen Anteil an den deutschen Gesamtemissionen auf. Dies ist vor allem auf die Bedeutung des Ruhrgebiets und der Rheinschiene als wichtiger deutscher Industriestandort und Steinkohlerevier zurückzuführen. In Nordrhein-Westfalen findet außerdem etwa 30 % der bundesdeutschen Stromerzeugung statt.

Die Anteile der Sektoren Verkehr sowie Haushalte und Kleinverbrauch liegen jeweils bei etwa 23% und somit erwartungsgemäß in der Größenordnung des Bevölkerungsanteils NRW von etwa 22%. Die Sektoren Landwirtschaft und Abfall tragen mit 12% bzw. 9% zu den deutschen Emissionen bei.

Tabelle 8: Treibhausgasemissionen NRW und Bundesrepublik Deutschland in 2009 (UBA 2011)

IPCC-Sektor	Bezeichnung	NRW 2009	Deutschland 2009	Anteil NRW %
		Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalente		
1A1	Energiewirtschaft	157.194	343.706	45,7
1A2 + 2A-C	Industrie	49.771	160.748	31,0
1A3	Verkehr	34.425	153.307	22,5
1A4-5	Haushalte / Kleinverbrauch	34.802	148.567	23,4
1B	Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen	3.830	11.848	32,3
2D-2H	Produktanwendungen / Sonstige	3.714	16.242	22,9
3	Landwirtschaft	8.343	72.702	11,5
4	Abfall	1.036	11.760	8,8
	<b>Gesamtemissionen</b>	<b>293.116</b>	<b>919.698</b>	<b>31,9</b>

## 2.2 Vergleich NRW – EU 27

Im europäischen Vergleich liegt Deutschland 2009 mit insgesamt 920 Mio. t CO<sub>2eq</sub> auf Rang 1, Nordrhein-Westfalen mit 293 Mio. t CO<sub>2eq</sub> an 7. Stelle (Abbildung 3).

Insgesamt emittieren die EU 27-Staaten im Jahr 2008 knapp vier Milliarden t CO<sub>2eq</sub>. Fast ein Fünftel dieser Menge entsteht in der Bundesrepublik Deutschland.

Zum Vergleich sind in der Abbildung auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgewählter Nicht-EU-Staaten und Erdteile des Jahres 2009 angegeben, Angaben zu den gesamten Treibhausgasemissionen waren zum Erscheinungszeitpunkt nicht verfügbar. Die höchsten Emissionen der Einzelstaaten weisen China und die USA auf. Weltweit wurden im Jahr 2009 etwa 30 Milliarden CO<sub>2</sub> emittiert.

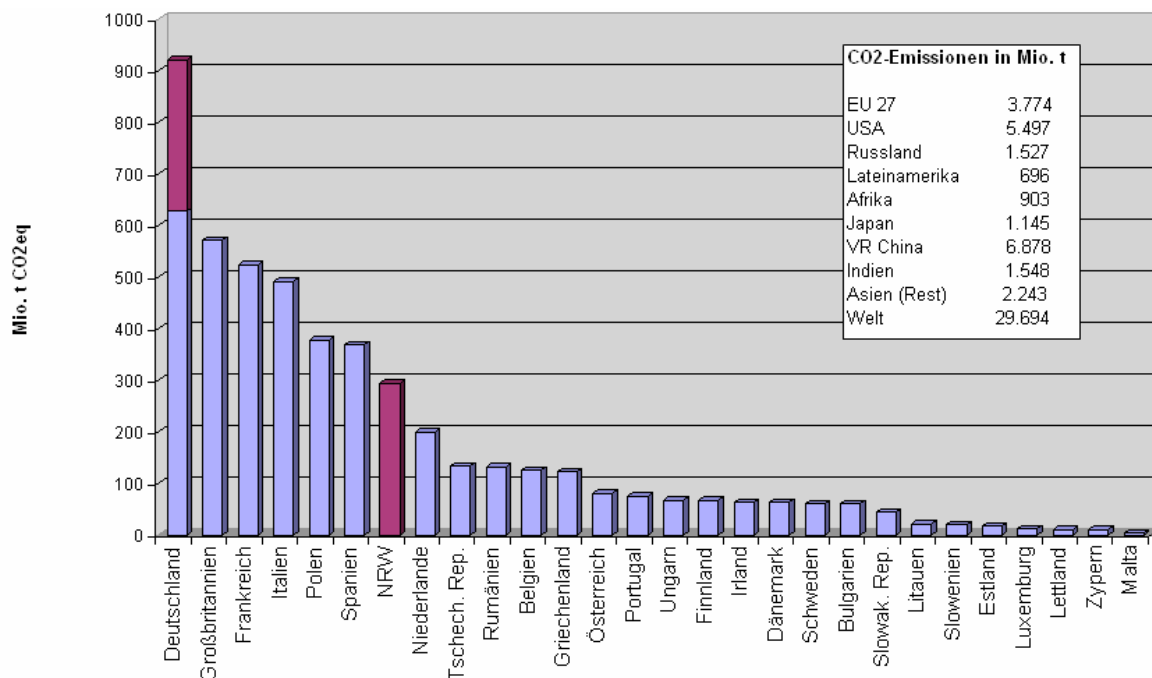


Abbildung 3: THG-Emissionen der EU 27 und NRW und CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgewählter Staaten und Erdteile in 2009 (Quelle: Ziesing 2011, eigene Darstellung)

### 3 Ausblick

Das Treibhausgas-Emissionsinventar NRW wird jährlich fortgeschrieben. Es ist vorgesehen, jeweils vorläufige Daten für das Vorjahr sowie das abschließende Inventar für das vorletzte Jahr zu veröffentlichen. Dabei ist zu beachten, dass sich auch rückwirkend Änderungen für die gesamte Zeitreihe ergeben können, wenn neue Erkenntnisse vorliegen, die zu einer Neuberechnung der Emissionen auch der vergangenen Jahrgänge führen. Dies kann z. B. der Fall sein, wenn sich im Nationalen Inventar des UBA Emissionsfaktoren oder Berechnungsmethoden ändern, die auch Datengrundlage für das Inventar in NRW sind.

Vorläufige Daten für das Jahr 2010 sind in Tabelle 9 dargestellt. Nach dem leichten Anstieg zwischen 2005 und 2007 gehen die Emissionen in 2008 wieder etwa auf das Niveau von 2005 zurück. Ob dies auf die Wirkung des Emissionshandels in der zweiten Handelsperiode ab 2008 oder auf die beginnende Wirtschaftskrise zurückzuführen ist, lässt sich nicht eindeutig beurteilen. 2009 zeigt sich der deutliche, durch die Wirtschaftskrise verursachte Rückgang der Emissionen. Die vorläufigen Berechnungen für das Jahr 2010 zeigen den Anstieg der Emissionen auf Grund der konjunkturellen Erholung.

Tabelle 9: Treibhausgasemissionen in NRW mit vorläufigen Angaben für 2010

	2005	2006	2007	2008	2009	2010 vorl.
	in Gg (1.000 t) CO <sub>2</sub> -Äquivalente					
Energiewirtschaft	174.538	179.606	185.788	175.846	157.194	167.143
Industrie	62.729	63.522	63.938	61.798	49.771	60.498
Verkehr	36.550	35.981	34.986	34.765	34.425	34.730
Haushalte / Kleinverbrauch	35.864	36.595	31.777	36.162	34.802	38.160
Fl. Emissionen aus Brennstoffen	5.797	5.175	5.067	4.959	3.830	3.773
Produktanwendungen/Sonstige	3.514	3.619	3.690	3.660	3.714	3.721
Landwirtschaft	8.257	8.016	8.003	8.406	8.343	8.343
Abfall	1.681	1.431	1.185	1.084	1.036	966
<b>Gesamtemissionen</b>	<b>328.932</b>	<b>333.946</b>	<b>334.435</b>	<b>326.681</b>	<b>293.116</b>	<b>317.334</b>

## Literatur

IPCC (2006): IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006.

UBA (2011): Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2009, Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2011, 2011.

UBA (2011): Inventartabellen im Common Reporting Format 2009, 2011.

UNFCCC (1997): Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen: Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, 1997.

Ziesing, H.-J. (2011): Der erwartete Rückschlag für den Klimaschutz: weltweite CO<sub>2</sub>-Emissionen 2010 kräftig gestiegen, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 2011, Heft 9.