



Treibhausgas-Emissionsinventar

Nordrhein-Westfalen

2011

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

Autoren: Volker Hoffmann, Sonja Opitz (bis Juli 2012), Daniel Hoppe (LANUV NRW)

Stand: Juni 2013

Inhaltsverzeichnis

Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen	3
1. Entwicklung und aktueller Stand der THG-Emissionen in NRW.....	6
1.2.1 Sektor Energie	8
1.2.2 Sektor Industrie	11
1.2.3 Sektor Produktanwendung	12
1.2.4 Sektor Landwirtschaft.....	12
1.2.5 Sektor Abfall.....	13
2. Nordrhein-Westfalen im Vergleich	20
3. Ausblick.....	22
Literatur	23

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 ausgelaufene 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 Zeitraum um 21% zu senken. Als nächster Schritt werden bis 2020 laut Koalitionsvertrag der Bundesregierung zur 17. Wahlperiode 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.

Mit der Verabschiedung des ersten deutschen Klimaschutzgesetzes am 23. Januar 2013 hat der Landtag Nordrhein-Westfalen die Wichtigkeit des Klimaschutzes und die Bedeutung des Standortes Nordrhein-Westfalen untermauert. In § 3 (1) des Klimaschutzgesetzes heißt es dazu, dass „die Gesamtsumme der Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen [...] bis zum Jahr 2020 um mindestens 25 Prozent und bis zum Jahr 2050 um mindestens 80 Prozent im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 verringert werden [soll]“.

Zur Dokumentation der Emissionsentwicklung hat Nordrhein-Westfalen ein Treibhausgas-Emissionsinventar eingerichtet, welches an den Vorgaben des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) orientiert ist und das durch das LANUV NRW jährlich fortgeschrieben wird. Damit erfüllt das LANUV NRW die Vorgaben des § 8 Monitoring, Absatz (2), in dem die aktuelle Erhebung der Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen als zentrales Element des Monitorings bezeichnet wird. Das als Projekt begonnene Treibhausgas-Emissionsinventar erfährt dadurch auch eine

Bedeutungssteigerung und Verbindlichkeit, da es zukünftig die Referenz sein wird, an der die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen gemäß § 3 Klimaschutzziele und § 6 Klimaschutzplan überprüft werden kann.

In diesem Inventar werden die jährlichen Emissionen der Treibhausgase Kohlenstoffdioxid/Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (N₂O) sowie wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆) bilanziert. Die jährlichen Emissionen der Treibhausgase werden im THG-Emissionsinventar nach den IPCC-Sektoren Energie, Industrieprozesse, Landwirtschaft, Abfall und Sonstige detailliert dokumentiert. Eine Zeitreihenanalyse einzelner Sektoren des THG-Emissionsinventars kann zur Überprüfung eingeleiteter Klimaschutzmaßnahmen herangezogen werden.

CO₂ entsteht vor allem bei Verbrennungsvorgängen, während N₂O in größerem Umfang hauptsächlich bei Industrieprozessen und in der Landwirtschaft emittiert wird. CH₄ tritt vor allem als flüchtige Emission aus Brennstoffen auf, z. B. im Steinkohlebergbau und der Öl- und Gaswirtschaft, sowie in der Landwirtschaft und in Abfalldponien. Die Treibhausgase HFC, PFC und SF₆ 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 der emissionshandelspflichtigen Anlagen, die seit dem Jahr 2005 vorliegen,
- die Emissionserklärungen nach der 11. Bundes-Immissionsschutzverordnung (11. BImSchV),
- Berichte aus dem Pollutant Release and Transfer Register (PRTR)¹, 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.

¹ Dieses Register wird vom Umweltbundesamt geführt. Weitere Informationen können unter www.thru.de abgerufen werden.

Für die Emissionsberechnung werden dem eingesetzten (Brenn-)Stoff jeweils stoffspezifische Emissionsfaktoren zugeordnet. Der Emissionsfaktor bezeichnet das Verhältnis zwischen Masse des freigesetzten Stoffes (des Treibhausgases) und eingesetzter Masse eines Ausgangsstoffes (z. B. der Energieträger Steinkohle). Weiterhin sind Emissionsfaktoren prozessspezifisch, d. h. der Einsatz eines Brennstoffs kann in unterschiedlichen Anlagentypen zu unterschiedlichen Emissionen führen. 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 CO₂-Äquivalente (Einheit CO_{2eq}) 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 CH₄ mit einem Global Warming Potential (GWP) von 21 und für N₂O 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 CO₂-Äquivalente (CO_{2eq}) 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.

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).

Tabelle 1: Übersicht über die Emissionssektoren nach IPCC 2006

IPCC-Sektor	Bezeichnung
1	Energie
1A	Einsatz von Brennstoffen
1A1	Energiewirtschaft
1A2	Industrie (energiebedingte Emissionen) *
1A3	Verkehr
1A4-5	Haushalte und Kleinverbrauch/Sonstige
1B	Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen
1B1	Feste Brennstoffe
1B2	Öl und Erdgas
1C	CO₂-Transport und Speicherung
2	Industrieprozesse (prozessbedingte Emissionen)
2A	Mineralproduktion *
2B	Chemische Industrie *
2C	Metallproduktion *
2D-H	Produktanwendungen/Sonstige
3	Landwirtschaft
3A	Tierhaltung
3B	Landnutzungsänderung
3C	Bodennutzung
4	Abfall
4A	Abfalldeponien
4B	Biologische Abfallbehandlung
4C	Abfallverbrennung
4D	Abwasserreinigung

* Zusammenfassung der gekennzeichneten Sektoren der Industrie unter 1A2

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

In den folgenden Abschnitten werden zunächst die aktuellen Emissionsdaten des Jahres 2011 (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 2011

2011 wurden in Nordrhein-Westfalen insgesamt 301 Mio. t CO₂-Äquivalente emittiert.

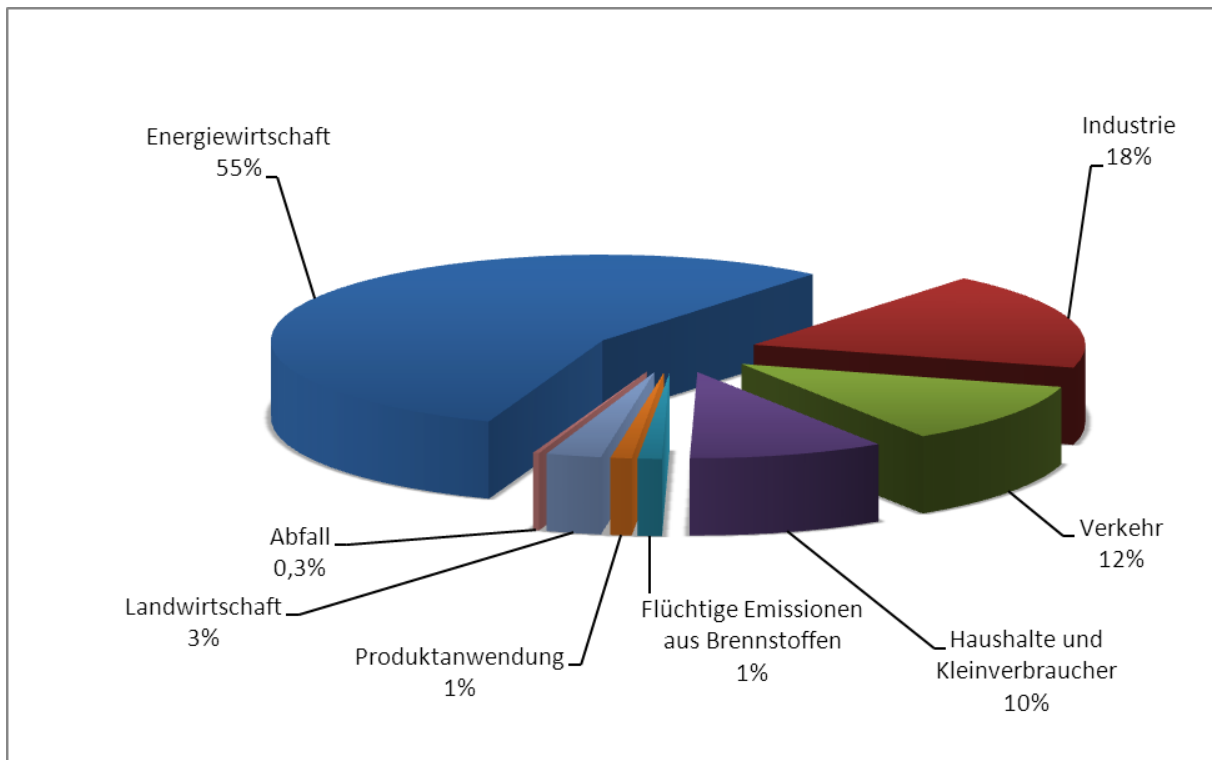


Abbildung 1: Verteilung der Gesamtemissionen in NRW in 2011 (insgesamt 301 Mio. t CO_{2eq})

55 % der THG-Emissionen entstehen im Sektor Energiewirtschaft (Abbildung 1). Weitere bedeutende Emissionssektoren sind die Emissionen der Industrie (18 %), der Verkehr (12 %) sowie Haushalte und Kleinverbrauch (10 %). Die Bereiche Landwirtschaft und Abfall verursachen etwa 3 % bzw. 0,3 % 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 entstehen ebenfalls etwa 1% der THG-Emissionen.

Der Sektor 1C CO₂-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 2011.

Tabelle 2: Treibhausgasemissionen NRW im Jahr 2011

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC/PFC SF ₆	Gesamt	Anteil %
	Gesamtemission NRW	282.897	7.465	7.822	2.769	300.953	100,0
1A1	Energiewirtschaft	164.918	100	1.665	-	166.682	55,4
1A2/2A-2C	Industrie	54.642	23	518	64	55.247	18,4
1A3	Verkehr	34.214	34	431	-	34.680	11,5
1A4-5	Haushalte und Kleinverbrauch	28.571	69	75	-	28.715	9,5
1B	Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen	-	3.550	-	-	3.550	1,2
1C	CO ₂ -Transport und Speicherung	-	-	-	-	-	-
2D-H	Produktanwendung/Sonstige	328	-	76	2.705	3.109	1,0
3	Landwirtschaft	224	3.149	4.695	-	8.068	2,7
4	Abfall	-	541	361	-	902	0,3

Die Gesamtemissionen setzen sich zu 94,0 % aus Kohlendioxid (CO₂), zu 2,5 % aus Methan (CH₄) und zu 2,6 % aus Lachgas (N₂O) zusammen.

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

N₂O-Emissionen treten hauptsächlich in den Sektoren Landwirtschaft, Industrie und Energiewirtschaft auf.

HFC/PFC/SF₆-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 2011

Im Folgenden werden die Emissionen der einzelnen Sektoren im Jahr 2011 näher beschrieben.

1.2.1 Sektor Energie

Der Sektor Energie – ohne den Sektor 1A2 Industrie – umfasst die Subsektoren „Energiewirtschaft, Verkehr, Haushalte und Kleinverbraucher“ und „Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen“. Der Subsektor „Energiewirtschaft“ kann weiter in „Öffentliche Strom- und

Wärmeversorgung“, „Raffinerien“ sowie „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 Daten des Emissionskatasters Verkehr des LANUV NRW in Verbindung mit weiteren statistischen Werten verwendet. Die Berechnungen für den Sektor „Haushalte und Kleinverbraucher“ 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 bisher keine NRW-spezifischen Daten vor, so dass der Anteil für NRW von den gesamtdeutschen Daten des Nationalen Inventarberichtes abgeleitet wird. Jedoch können für die Gaswirtschaft erstmals konkrete Zahlen des Statistischen Bundesamt und des Landesbetriebs IT.NRW zur Anwendung gebracht werden, mit denen ein genauer Anteil des bundesdeutschen Erdgasverbrauchs für Nordrhein-Westfalen ermittelt werden kann. Diese Berechnung konnte auch für die Jahre 2005-2010 vorgenommen werden, sodass sich alle Emissionswerte des Sektors 1B2b rückwirkend geändert haben.

Die energiebedingten Emissionen der Industrie (Sektor 1A2) werden zusammen mit den prozessbedingten Industrieemissionen (Sektoren 2A-C) im nächsten Kapitel beschrieben.

Der Sektor Energie (ohne 1A2 Industrie) ist der mit Abstand größte Emissionssektor in Nordrhein-Westfalen. 78 % der Gesamtemissionen werden hier emittiert. Dazu trägt vor allem die öffentliche Strom- und Wärmeversorgung bei, die 50 % der Gesamtemissionen verursacht.

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

Der Sektor Verkehr trägt mit 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 etwa 10 % der Emissionen aus.

Tabelle 3: Treibhausgasemissionen des Sektors Energie in NRW in 2011 (ohne den Sektor 1A2 Industrie)

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC/PFC SF ₆	Gesamt	Anteil %
	Gesamtemission NRW	282.897	7.465	7.822	2.769	300.953	100,0
1	Energie (ohne 1A2 Industrie)	227.704	3.753	2.171	-	233.627	77,6
1A	Einsatz von Brennstoffen (ohne 1A2 Industrie)	227.704	203	2.171	-	230.077	76,7
1A1	Energiewirtschaft	164.918	100	1.665	-	166.682	55,4
1A1a	Öffentl. Strom- u. Wärmeversorgung	150.000	44	1.562	-	151.606	50,4
1A1b	Raffinerien	8.527	5	35	-	8.567	2,8
1A1c	Herstellung fester Brennstoffe/ sonstige Energieindustrie	6.391	50	68	-	6.509	2,2
1A3	Verkehr	34.214	34	431	-	34.680	11,5
1A3a	Flugverkehr	488	1	7	-	496	0,2
1A3b	Straßenverkehr	31.372	31	235	-	31.638	10,5
1A3c	Schienenverkehr	136	0	17	-	153	0,1
1A3d	Schiffsverkehr	1.325	2	167	-	1.494	0,5
1A3e	Sonstiger Verkehr	893	1	5	-	899	0,3
1A4-5	Haushalte und Kleinverbrauch	28.571	69	75	-	28.715	9,5
1B	Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen	-	3.550	-	-	3.550	1,2
1B1	Feste Brennstoffe	0	2.386	-	-	2.386	0,8
1B2	Öl und Erdgas	-	1.164	-	-	1.164	0,4
1B2a	Ölwirtschaft	-	57	-	-	57	0,0
1B2b	Gaswirtschaft	-	1.107	-	-	1.107	0,4
1C	CO₂-Transport und Speicherung	-	-	-	-	-	-

Im Sektor 1B Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen werden CH₄-Emissionen in Höhe von 3,5 Mio. t CO_{2eq} bilanziert, das entspricht einem Anteil von etwa 1,2 %. Ein Großteil des CH₄ wird aus dem Steinkohlebergbau und bei der Verteilung und Nutzung von Erdgas emittiert.

Der Sektor 1C CO₂-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.

1.2.2 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, 1A2e, 1A2m).

Tabelle 4: Treibhausgasemissionen der Sektoren Industrie und Produktanwendungen in 2011 (energie- und prozessbedingte Emissionen der Industrie)

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC/PFC SF ₆	Gesamt	Anteil %
	Gesamtemission NRW	282.897	7.465	7.822	2.769	300.953	100,0
1A2/2A-C	Industrie	54.642	23	518	64	55.247	18,4
1A2a/2C	Eisen und Stahl	21.403	4	38	-	21.445	7,1
1A2b/2C	Nichteisen-Metalle	1.739	1	9	64	1.813	0,6
1A2c/2B	Chemische Industrie	15.750	10	368	-	16.128	5,4
1A2d	Zellstoff, Papier, Druck	1.635	1	23	-	1.659	0,6
1A2e	Nahrungsmittelindustrie	1.342	1	10	-	1.353	0,4
1A2f/2A	Nichtmetallische Minerale	11.559	4	60	-	11.622	3,9
1A2m	Sonstige	1.214	1	11	-	1.226	0,4
2D-H	Produktanwendung/ Sonstige	328	-	76	2.705	3.109	1,0

Insgesamt wurden im Jahr 2011 von der nordrhein-westfälischen Industrie THG-Emissionen in Höhe von 55 Mio. t CO_{2eq} ausgestoßen. Das entspricht etwa 18% der Gesamtemissionen. Der Hauptteil der Industrieemissionen entsteht beim Einsatz von Brennstoffen zur Energieerzeugung (etwa 82 %).

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. CO₂ entsteht, abgesehen von der Mineralproduktion, vor allem bei Verbrennungsprozessen zur Energiebereitstellung. CH₄ fällt nur bei Verbrennungsprozessen an. N₂O entsteht sowohl bei der Bereitstellung von Prozesswärme und Strom als auch bei

chemischen Prozessen, insbesondere der Produktion von Salpeter- und Adipinsäure. PFC und SF₆ werden bei der Produktion von Aluminium emittiert.

1.2.3 Sektor Produktanwendung

Im Sektor Produktanwendung entstehen insgesamt 3,1 Mio. t/a CO_{2-eq} bzw. 1,0 % der nordrhein-westfälischen THG-Emissionen (Tabelle 4). Der größte Teil der THG-Emissionen dieses Sektors besteht aus HFC-, PFC- und SF₆-Emissionen aus Klima- und Kälteanlagen, Schallschutzreifen und sonstigen Produktanwendungen. Weitere Anteile liefern u.a. CO₂-Emissionen aus kohlenstoffhaltigen Lösemitteln sowie N₂O-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 SF₆-Emissionen sowie die N₂O- und CO₂-Emissionen aus der Produktanwendung anhand der Angaben für Gesamtdeutschland auf NRW umgerechnet. Das Umweltbundesamt hat für diesen Sektor die Berechnungsmethoden verändert und damit rückwirkend für alle Jahre bis 2005 neue Werte ermittelt. Dies gilt es bei Vergleichen und Auswertungen der Zeitreihe zu berücksichtigen.

1.2.4 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 2011 (Quelle: TI, 2012)

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC/PFC SF ₆	Gesamt	Anteil %
	Gesamtemission NRW	282.897	7.465	7.822	2.769	300.953	100,0
3	Landwirtschaft	224	3.149	4.695	-	8.068	2,7
3A	Tierhaltung	-	3.149	-	-	3.149	1,0
3B	Landnutzungsänderung	-	-	-	-	-	-
3C	Bodennutzung	224	-	4.695	-	4.919	1,6

Die Daten im Sektor Landwirtschaft stammen vom Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI), 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 2011 auf 8,1 Mio. t CO_{2eq}. Das entspricht 2,7 % der Gesamtemissionen. Es werden vor allem CH₄ aus der Tierhaltung und N₂O aus der Bodennutzung emittiert. Bei der Tierhaltung sind vor allem die Verdauungsvorgänge in den Tiermägen emissionsintensiv.

CO₂ wird in der Landwirtschaft nur zu einem sehr geringen Teil emittiert und entsteht vorwiegend bei der Kalkung von Böden.

1.2.5 Sektor Abfall

Der Sektor Abfall setzt sich zusammen aus den Emissionssektoren Abfalldeponien, Biologische Abfallbehandlung, Abwasserreinigung und Sonstige (Tabelle 6). Insgesamt entstehen im Sektor Abfall CH₄- und N₂O-Emissionen in Höhe von 0,9 Mio. t CO_{2eq}. Dies entspricht einem Anteil von 0,3% an den nordrhein-westfälischen Gesamtemissionen.

Tabelle 6: Treibhausgasemissionen des Sektors Abfall in NRW in 2011

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC/PFC SF ₆	Gesamt	Anteil %
	Gesamtemission NRW	282.897	7.465	7.822	2.769	300.953	100,0
4	Abfall	-	541	361	-	902	0,3
4A	Abfalldeponien	-	392	-	-	392	0,1
4B	Biologische Abfallbehandlung	-	96	48	-	144	0,0
4C	Abfallverbrennung	-	-	-	-	-	-
4D	Abwasserreinigung	-	53	313	-	366	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 Sektors 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. Aufgrund des erheblichen Aufwandes wird für 2011 keine neue Abschätzung vorgenommen, da innerhalb von drei Jahren keine relevanten Änderungen zu erwarten sind. Es ist vorgesehen, für das Berichtsjahr 2012 die Abschätzung zu aktualisieren.

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 CO₂ meist mit geringeren Unsicherheiten als die Emissionsfaktoren für N₂O und CH₄ 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 NRW-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 Abfalldeponien gemacht werden. Für die Treibhausgase HFC, PFC und SF₆ 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 CO₂, CH₄ und N₂O 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 2011

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 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.

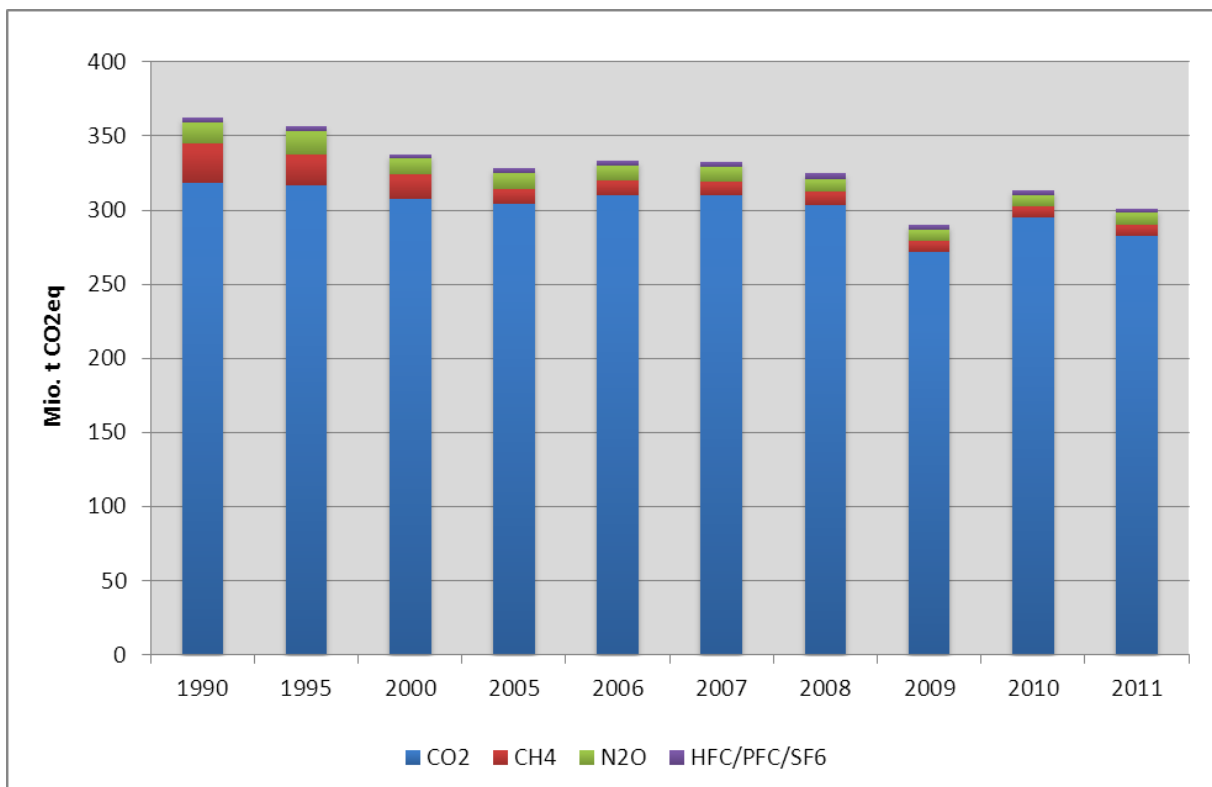


Abbildung 2: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in NRW nach Treibhausgasen (Quellen: WI, LANUV NRW, NIR 2012, eigene Darstellung)

Abbildung 2 und Tabelle 7 stellen die Entwicklung der THG-Emissionen in Nordrhein-Westfalen nach Treibhausgasen bzw. Emissionssektoren dar. Da HFC, PFC und SF₆ 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	2010	2011
	in Gg (1.000 t) CO ₂ -Äquivalente									
Energiewirtschaft	159.438	164.851	159.236	174.444	179.492	185.639	176.271	157.621	167.296	166.682
Industrie	93.910	80.312	70.928	62.729	63.522	62.409	60.238	56.184	56.942	55.247
Verkehr	36.208	38.315	40.004	36.375	35.548	34.216	34.135	33.618	34.124	34.680
Haushalte / Kleinverbrauch	37.261	43.581	40.887	35.710	37.836	29.648	37.491	34.767	33.408	28.715
Fl. Emissionen aus Brennstoffen	18.444	13.599	11.368	5.857	5.322	5.150	5.063	3.847	3.707	3.550
Produktanwendungen/ Sonstige	3.631	3.425	3.070	3.342	3.322	3.110	3.154	3.192	3.189	3.109
Landwirtschaft	9.924	9.133	9.210	7.870	7.658	7.570	7.942	7.886	7.661	8.068
Abfall	3.873	3.180	2.123	1.681	1.431	1.185	1.084	1.036	966	902
Gesamtemissionen	362.689	356.397	336.827	328.008	334.132	328.927	325.378	298.151	307.293	300.953

Die CO₂-Emissionen wurden von 318 Mio. t in 1990 bis 2011 auf 283 Mio. t reduziert. Die N₂O-Emissionen weisen einen deutlichen Rückgang auf, die CH₄-Emissionen haben sich sogar um etwa zwei Drittel verringert. Die HFC/PFC/SF₆-Emissionen um etwa 20 % zurückgegangen.

Die Emissionsberechnung für die Sektoren 1A4-5 Haushalte, Kleinverbraucher erfolgen auf der Basis der Energiebilanz NRW, die jeweils im Herbst für das vorletzte Jahr veröffentlicht wird und zurzeit bis einschließlich 2010 vorliegt. Für das Jahr 2010 weist die Energiebilanz entgegen der Erwartung trotz der deutlich kälteren Witterung keinen Mehrverbrauch gegenüber 2009 aus, sondern eine leichte Reduzierung. Dem entsprechend müssen die Emissionen dieses Sektors von 38,2 auf 33,4 Mio. t CO_{2eq} korrigiert werden. Dies schlägt sich auch in der Gesamtbilanz nieder. Für 2011 werden die Emissionen anhand von Daten des UBA und der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. abgeschätzt.

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

Der starke Rückgang der Treibhausgasemissionen in 2009 wurde durch die weltweite Finanz- und Wirtschaftskrise verursacht. Die Daten für das Jahr 2010 lassen einen deutlichen Wiederanstieg erkennen. Für 2011 konnte ein leichter Rückgang im Vergleich zu 2010 festgestellt werden.

Im Einzelnen lassen sich die Entwicklungen seit 1990 wie folgt 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 Konjunkturentwicklung folgend weiter an. Die Differenz von ca. 15 Mio. t CO_{2eq} 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. Seit 2008 sind die Emissionen der Energiewirtschaft insgesamt leicht rückläufig.
- 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 eine leicht abfallende Tendenz. Nach einem fahrleistungsbedingten leichten Anstieg bis etwa zum Jahr 2000 sinken die Emissionen allmählich ab, wobei die Reduzierung in den letzten Jahren zu einem Teil auf die Erhöhung des Biodiesel-Anteils am Kraftstoffverbrauch zurückzuführen ist. Auch der allmählich sinkende spezifische Verbrauch der Kraftfahrzeuge macht sich bemerkbar. 2009 wird der bisherige Tiefststand erreicht. 2010 steigen die Verkehrsemissionen

wieder an, bevor sie 2011 wieder auf das Niveau von 2009 fallen. Die grundsätzlich abnehmende Tendenz bleibt trotz des Anstiegs 2010 gegeben.

- 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 aufgrund der Witterung 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 ergibt sich eine abnehmende Tendenz, die auf Energieeinsparmaßnahmen (z.B. Wärmedämmung von Altbauten) und den Einsatz von Erdgas bzw. erneuerbaren Energieträgern zurückzuführen ist.
- Deutliche Minderungen um ca. 80 % 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 nach einer Abnahme bis zum Jahr 2000 in den folgenden 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. Zurzeit ergibt sich eine etwa gleichbleibende Tendenz.
- 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. Nordrhein-Westfalen im Vergleich

2.1 Vergleich Nordrhein-Westfalens mit der Bundesrepublik Deutschland

Als Vergleichsdaten dienen die Angaben im Nationalen Inventar des UBA (UBA 2012). Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF, Land use, Land-use change and forestry) werden dabei nicht berücksichtigt.

Mit Emissionen in Höhe von 301 Mio. t CO_{2eq} liegt der Anteil Nordrhein-Westfalens an den bundesdeutschen THG-Emissionen bei 32,8 % (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 im Bereich von 22 bzw. 23 % und somit erwartungsgemäß in der Größenordnung des Bevölkerungsanteils NRW von etwa 22 %. Die Sektoren Landwirtschaft und Abfall tragen mit 11,5 % bzw. 6,3 % zu den deutschen Emissionen bei.

Tabelle 8: Treibhausgasemissionen NRW und Bundesrepublik Deutschland in 2011 (UBA 2012)

IPCC-Sektor	Bezeichnung	NRW 2011	Deutschland 2011	Anteil NRW
		Mio. t CO ₂ -Äquivalente		%
1A1	Energiewirtschaft	166,7	354,3	47,0%
1A2 + 2A-C	Industrie	55,2	171,9	32,1%
1A3	Verkehr	34,7	157,2	22,1%
1A4-5	Haushalte / Kleinverbrauch	28,7	123,9	23,2%
1B	Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen	3,6	9,9	36,0%
2D-2H	Produktanwendungen / Sonstige	3,1	14,6	21,3%
3	Landwirtschaft	8,1	70,4	11,5%
4	Abfall	0,9	14,4	6,3%
	Gesamtemissionen	301,0	916,5	32,8%

2.2 Vergleich Nordrhein-Westfalens mit den 27 EU-Staaten

Im europäischen Vergleich liegt Deutschland 2011 mit insgesamt 916,5 Mio. t CO_{2eq} auf Rang 1, Nordrhein-Westfalen mit 301 Mio. t CO_{2eq} an 7. Stelle (Abbildung 3).

Insgesamt emittieren die EU 27-Staaten im Jahr 2011 etwa 4,5 Milliarden t CO_{2eq}. Fast ein Fünftel dieser Menge entsteht in der Bundesrepublik Deutschland.

Zum Vergleich sind in der Abbildung auch die CO₂-Emissionen ausgewählter Nicht-EU-Staaten und Erdteile des Jahres 2011 angegeben, Angaben zu den gesamten Treibhausgasemissionen waren zum Erscheinungszeitpunkt nicht verfügbar. Weltweit wurden im Jahr 2011 etwa 34,5 Milliarden t CO₂ emittiert.

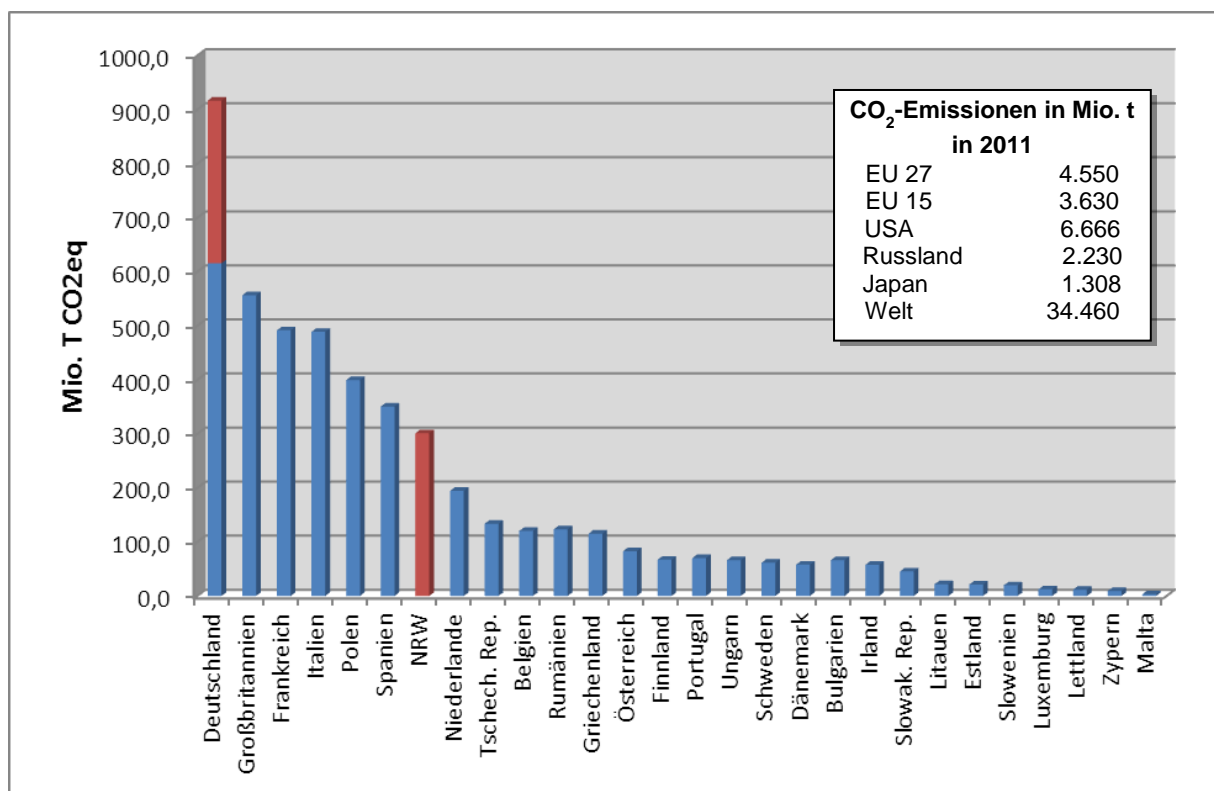


Abbildung 3: THG-Emissionen der EU 27 und NRW und CO₂-Emissionen ausgewählter Staaten und Erdteile in 2011 (Quelle: UNFCC, eigene Darstellung)

3. Ausblick

Das Treibhausgas-Emissionsinventar NRW wird jährlich fortgeschrieben. Es werden jeweils vorläufige Daten für das Vorjahr sowie das abschließende Inventar für das vorletzte Jahr veröffentlicht. 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 2012 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. Das Jahr 2010 bringt einen Anstieg der Emissionen auf Grund der konjunkturellen Erholung.

In 2011 ergibt sich eine kleine Reduzierung der Emissionen um ca. 2 %. Die vorläufigen Daten für 2012 weisen auf etwa gleichbleibende bis leicht höhere Emissionen im Vergleich zum Vorjahr hin.

Tabelle 9: Treibhausgasemissionen in NRW mit vorläufigen Angaben für 2012

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	vorl. 2012
Mio. t CO ₂ -Äquivalente								
Energiewirtschaft	174,4	179,5	185,6	176,3	157,6	167,3	166,7	171,3
Industrie	62,7	63,5	62,4	60,2	47,4	56,9	55,2	54,2
Verkehr	36,4	35,5	34,2	34,1	33,6	34,1	34,7	34,5
Haushalte / Kleinverbrauch	35,7	37,8	29,6	37,5	34,8	33,4	28,7	30,0
Fl. Emissionen aus Brennstoffen	5,9	5,3	5,1	5,1	3,8	3,7	3,6	3,5
Produktanwendungen/Sonstige	3,3	3,3	3,1	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1
Landwirtschaft	7,9	7,7	7,6	7,9	7,9	7,7	8,1	8,0
Abfall	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9
Gesamtemissionen	328,0	334,1	328,9	325,4	289,4	307,3	301,0	305,5

Literatur

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

UBA (2013): Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2011, Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2011.

UBA (2013): Inventartabellen im Common Reporting Format 2011.

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

Ziesing, H.-J.: Der erwartete Rückschlag für den Klimaschutz: weltweite CO₂-Emissionen 2010 kräftig gestiegen, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 2011, Heft 9.