



Treibhausgas-Emissionsinventar

Nordrhein-Westfalen 2021

LANUV-Fachbericht 147

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen	9
2 Entwicklung und aktueller Stand der THG-Emissionen in NRW	14
2.1 Treibhausgasemissionen NRW im Jahr 2021	14
2.2 Emissionen der Sektoren im Jahr 2021	16
2.2.1 Sektor Energie.....	16
2.2.2 Sektor Energiewirtschaft.....	18
2.2.3 Sektor Industrie	20
2.2.4 Sektor Verkehr.....	21
2.2.5 Sektor Produktanwendung.....	23
2.2.6 Sektor Landwirtschaft	24
2.2.7 Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forstwirtschaft.....	27
2.2.8 Sektor Abfall	28
2.3 Abschätzung der Unsicherheiten	29
2.4 Entwicklung der Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2021	30
2.4.1 Energiewirtschaft	34
2.4.2 Industrie.....	36
2.4.3 Verkehr.....	37
2.4.4 Haushalte und Kleinverbraucher.....	40
2.4.5 Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen	41
2.4.6 Produktanwendungen/ Sonstige	41
2.4.7 Landwirtschaft	42
2.4.8 Abfall	43
2.4.9 Zeitreihe der Treibhausgasemissionen	44
2.5 Entwicklung der Treibhausgasemissionen der emissionshandelspflichtigen Anlagen (EU-ETS) in Nordrhein-Westfalen.....	45
3 Nordrhein-Westfalen im Vergleich	48
3.1 Vergleich Nordrhein-Westfalens mit der Bundesrepublik Deutschland.....	48
3.2 Vergleich Nordrhein-Westfalens mit den 27 EU-Staaten und dem Vereinigten Königreich.....	49
4 Ausblick	52
Abbildungsverzeichnis	55
Tabellenverzeichnis	57
Literatur	58

Zusammenfassung

Nordrhein-Westfalen unterhält ein Treibhausgas-Emissionsinventar, das sich an den Vorgaben des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2006, 2019) orientiert. Die Treibhausgase (THG) Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas sowie HFC, PFC, SF₆ und NF₃ werden darin für die IPCC-Sektoren Energie, Industrieprozesse, Landwirtschaft, Abfall und Sonstige detailliert dokumentiert.

Treibhausgasemissionen NRW im Jahr 2021

Im Jahr 2021 wurden in Nordrhein-Westfalen insgesamt 217,3 Mio. t CO₂-Äquivalente emittiert. Dies bedeutet eine Zunahme der Emissionen gegenüber dem Vorjahr um rund 7 %, bzw. eine Minderung von ca. 41 % gegenüber dem Emissionsniveau von 1990.

Mit 41,9 % entstanden im Jahr 2021 etwas weniger als die Hälfte der THG-Emissionen im Sektor Energiewirtschaft (Abbildung 1). Weitere bedeutende Emissionssektoren sind die Emissionen der Industrie (26,9 %), der Verkehr (13,9 %) sowie Haushalte und Kleinverbraucher (12,0 %). Die Bereiche Landwirtschaft und Abfall verursachen 3,2 % bzw. 0,2 % der nordrhein-westfälischen Treibhausgas-Emissionen. Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen, z. B. aus Steinkohlezechen und der Öl- und Gaswirtschaft, machen etwa 0,4 % der Emissionen aus. Durch Produktanwendungen wie beispielsweise Pkw-Klimaanlagen und Gebäudekälte entstehen ebenfalls etwa 1,5 % der THG-Emissionen.

Zwischen den Jahren 1990 und 2005 sind erhebliche Minderungen der THG-Emissionen um rund 40 Mio. t CO₂eq zu verzeichnen, die im Wesentlichen in den Sektoren Industrie (technische Maßnahmen/Strukturwandel), Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen (Grubengas aus Steinkohlezechen) und Abfall (Reduzierung/Erfassung von Deponiegasen) stattfinden. Im weiteren Verlauf zeigt sich im Jahr 2009 ein deutlicher, durch die Wirtschaftskrise verursachter Rückgang der Emissionen. Die folgenden Jahre bis 2013 bringen insgesamt einen Anstieg auf Grund der konjunkturellen Erholung. Im Jahre 2014 folgt eine deutliche Reduzierung, die zu einem großen Teil auf die milde Witterung zurückzuführen ist. Es ist aber in NRW auch eine Reduzierung der Emissionen im Sektor Energiewirtschaft festzustellen, deren Ursache in einer Reduktion der Verstromung fossiler Brennstoffe liegt. Im Jahr 2015 setzt sich diese Tendenz noch fort. Dies gilt allerdings nicht mehr für das Jahr 2016, in dem nur wenige Kraftwerksblöcke abgeschaltet wurden und auch neue Gaskraftwerke in Betrieb gegangen sind. In den Jahren 2017 und 2018 sind die Emissionen in der Energiewirtschaft weiter gesunken. Auch im Jahr 2019 ist eine fortschreitende Emissionsminderung im Sektor Energiewirtschaft festzustellen, deren Ursache in einer insgesamt geringeren Auslastung der Kraftwerke und der Stilllegung einzelner Kraftwerksblöcke liegt. Im Jahr 2020 setzt sich der deutliche Emissionsrückgang der Vorjahre fort. Große Emissionsrückgänge sind aus der sinkenden Verstromung von Brau- und Steinkohle zu verzeichnen, trotz der Inbetriebnahme des Kraftwerks Datteln 4. Emissionsmindernd wirken sich zudem der gestiegene CO₂-Preis sowie die Corona-Pandemie aus. Im Jahr 2021 liegen die Emissionen der Energiewirtschaft bei rund 91 Mio. t. CO₂eq. Das entspricht einem Anstieg von rund 11 Mio. t. CO₂eq, bzw. 13,2 % gegenüber dem Vorjahr. Sowohl auf die Verstromung von Braun- als auch von Steinkohle entfällt auf Grund der witterungsbedingt niedrigen Einspeisung von Strom aus

Windkraftanlagen ein erhöhter Anteil im Energiemix (AG Energiebilanzen e.V. 2022). Der Einsatz von Braunkohle in Kraftwerken der Energiewirtschaft ist in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021 um rund 24 % gegenüber dem Vorjahr gestiegen. Das Emissionsniveau dieses Sektors liegt jedoch weiterhin niedriger als im Jahr 2019, vor dem Ausbruch der Corona-Pandemie. Dies könnte darauf hinweisen, dass, trotz der wirtschaftlichen Erholung, die energiewirtschaftliche Entwicklung in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021 weiterhin in hohem Maße durch die Corona-Pandemie und deren Auswirkungen geprägt war. Zudem wirken sich gemäß AG Energiebilanzen e.V. 2022 die gestiegenen Einfuhrpreise sowie höheren Preise für CO₂-Emissionszertifikate verbrauchs- und somit emissionsmindernd aus.

Im Berichtsjahr 2021 sind die Industrie-Emissionen in Nordrhein-Westfalen um ca. 4,1 Mio. t CO₂eq gestiegen. Dies entspricht einer Emissions-Steigerung von 7,6 % im Vergleich zum Vorjahr. Die Produktionsindices der betrachteten Sektoren zeigen eine spürbare wirtschaftliche Erholung gegenüber dem Jahr 2020 (Information und Technik Nordrhein-Westfalen 2022b). Insbesondere die Eisen- und Stahlindustrie zeigt im Jahr 2021 eine deutliche Leistungssteigerung. Dies geht laut AG Energiebilanzen e.V. 2022 mit einer gesteigerten Nachfrage an Steinkohle einher, die sich in Nordrhein-Westfalen im Sektor 1A2a (Eisen und Stahl) in einer Emissionserhöhung von 13,1 % widerspiegelt. In den Sektoren 1A2b (Nichteisen-Metalle), 1A2c (Chemische Industrie) und 1A2f (Nichtmetallische Minerale) liegt der Emissionsanstieg prozentual im einstelligen Bereich. Die Sektoren 1A2d (Zellstoff, Papier, Druck), 1A2e (Nahrungsmittelindustrie) und 1A2m (Sonstige) haben trotz meist positiver Konjunkturreffekte leichte Emissionsminderungen zu verzeichnen. Auf Bundesebene sind die Emissionen der Industrie zwischen den Jahren 2020 und 2021 um 5,5 % gestiegen (UBA 2022).

Die Emissionen im Verkehrssektor liegen 2021 um ca. 0,2 Mio. t CO₂eq oberhalb der Emissionen des Vorjahres. Dies entspricht einer Emissionssteigerung von <1 %. Im Bereich des Flugverkehrs ist im Berichtsjahr eine leichte Erholung der Passagierzahlen sowie des Frachtaufkommens zu beobachten. Die Emissionen dieses Subsektors stiegen um rund 13 % im Vergleich zum Vorjahr. Auch die Subsektoren Schiene und Schiff weisen leichte Emissionssteigerungen von 9 %, bzw. 5 % im Vergleich zum Vorjahr auf. Die Emissionen des Straßenverkehrs bleiben zwischen den Jahren 2020 und 2021 konstant. Es ist davon auszugehen, dass, mit Ausnahme des Güterverkehrs, die Fahrleistung auf Grund der Corona-Pandemie weiterhin niedrig war. Die Emissionen des Lkw-Verkehrs sind in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021 prozentual doppelt so stark gestiegen wie die Emissionen des Pkw-Verkehrs. Absatzzahlen für Kraftstoffe sowie Daten von Zählstellen an Autobahnen und Bundesstraßen verdeutlichen, dass der Pkw-Verkehr deutschlandweit unter dem Niveau vor der Corona-Pandemie im Jahr 2019 lag (UBA 2022). Im Jahr 2021 war zudem in Nordrhein-Westfalen eine Verdopplung der Neuzulassungen von Hybrid- und Elektrofahrzeugen zu verzeichnen.

Im Sektor 1A4-5 Haushalte und Kleinverbrauch sind die Emissionen im aktuellen Bilanzjahr nur leicht um 1,3 % auf 26,1 Mio. t CO₂eq gesunken. Im Bundesdurchschnitt sind die Emissionen dieses Sektors im gleichen Zeitraum um 3,3 % gesunken (UBA 2022). Die Witterung im Jahr 2021 war im Vergleich zum Vorjahr deutlich kühler. Besonders in der Heizperiode in den Monaten Januar bis Mai sowie von Oktober bis Dezember wurden deutlich niedrigere Temperaturen als im Jahr 2020 gemessen. Zudem dürfte sich die weiterhin verstärkte Anwesenheit der Menschen in der eigenen Wohnung auf Grund der anhaltenden Pandemiepräventionsmaßnahmen emissionssteigernd ausgewirkt haben.

Im Bereich Produktanwendung/Sonstige ist im Jahr 2021 eine Emissionsminderung um etwa 7,0 % gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen. Emissionen dieses Sektors entstehen u. a. in Pkw- und Gebäudeklimaanlagen. Die Entwicklung der Emissionen in diesem Bereich unterliegt in Abhängigkeit von der Einführung neuer Technologien jährlichen Schwankungen, zeigt jedoch in den vergangenen Jahren einen negativen Trend.

Im Sektor Landwirtschaft sind die Emissionen um 2,1 % auf 7,0 Mio. t CO₂eq gestiegen. Im Sektor Abfall sind die Emissionen weitestgehend konstant geblieben.

Insgesamt ergeben sich im Jahr 2021 Gesamtemissionen in Höhe von 217,3 Mio. t CO₂eq. Sie liegen damit um 6,6 % höher als im Vorjahr. Im Vergleich zum Basisjahr 1990 sind die Emissionen im Jahr 2021 um ca. 41 % gesunken.

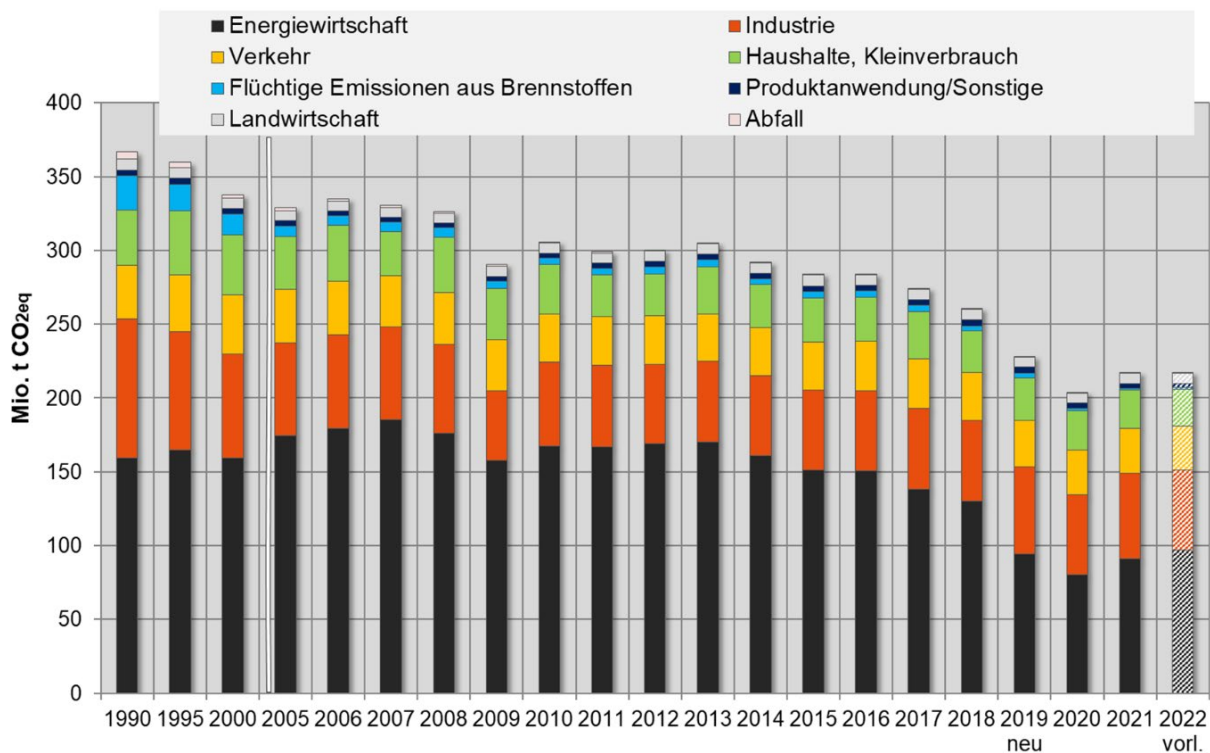


Abbildung 1: Zeitreihe der THG-Emissionen in Nordrhein-Westfalen nach Sektoren von 1990 bis 2021 sowie eine Vorjahresabschätzung für das Berichtsjahr 2022

Tabelle 1: Überblick über die Treibhausgas-Emissionen in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021

IPCC-Sektor	Bezeichnung	Emissionen in Gg (1000 t) CO ₂ -Äquivalente	Anteil %
	Gesamtemissionen NRW	217.264	100,0
1	Energie	198.393	91,3
1A	Einsatz von Brennstoffen	197.444	90,9
1A1	Energiewirtschaft	90.967	41,9
1A1a	Öffentliche Strom- und Wärmeversorgung	81.258	37,4
1A1b	Raffinerien	7.276	3,3
1A1c	sonstige Energieindustrie	2.433	1,1
1A2*	Industrie	50.260	23,1
1A2a	Eisen und Stahl	27.761	12,8
1A2b	Nichteisen-Metalle	1.092	0,5
1A2c	Chemische Industrie	14.343	6,6
1A2d	Zellstoff, Papier, Druck	1.337	0,6
1A2e	Nahrungsmittelindustrie	1.123	0,5
1A2f	Nichtmetallische Minerale	3.555	1,6
1A2m	Sonstige	1.050	0,5
1A3	Verkehr	30.156	13,9
1A3a	Flugverkehr	234	0,1
1A3b	Straßenverkehr	26.968	12,4
1A3c	Schienenverkehr	127	0,1
1A3d	Schiffsverkehr	1.241	0,6
1A3e	Sonstiger Verkehr	1.586	0,7
1A4-5	Haushalte und Kleinverbrauch/Sonstige	26.061	12,0
1B	Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen	949	0,4
1B1	Feste Brennstoffe	359	0,2
1B2	Öl und Erdgas	590	0,3
1B2a	Ölwirtschaft	128	0,1
1B2b	Gaswirtschaft	462	0,2
1C	CO₂-Transport und Speicherung	-	-
2	Industrieprozesse	11.409	5,3
2A	Mineralproduktion	6.939	3,2
2A1	Zementherstellung	4.491	2,1
2A2	Kalkherstellung	2.128	1,0
2A3	Glasherstellung	262	0,1
2A4-5	Sonstige	59	0,0
2B	Chemische Industrie	557	0,3
2B1	Ammoniakproduktion	557	0,3
2B2-3	Salpetersäure/Adipinsäureproduktion	-	-
2B4-10	Sonstige	-	-
2C	Metallproduktion	614	0,3
2C1-2	Eisen- und Stahlherstellung	-	-

IPCC-Sektor	Bezeichnung	Emissionen in Gg (1000 t) CO ₂ -Äquivalente	Anteil %
2C3	Aluminiumherstellung	614	0,3
2C4-7	Sonstige	-	-
2D-H	Produktanwendungen/Sonstige	3.299	1,5
3	Landwirtschaft	7.028	3,2
	Tierhaltung	4.781	2,2
3A	Fermentation/Darmgärung	3.049	1,4
3B	Düngerwirtschaft/Güllemanagement	1.732	0,8
	Bodennutzung	2.248	1,0
3C	Reisanbau	-	-
3D	Landwirtschaftliche Böden	1.799	0,8
3E	Brandrodung	-	-
3F	Verbrennung von Ernterückständen auf der Fläche	-	-
3G	Kalkung	245	0,1
3H	Harnstoffanwendung	37	0,0
3I	Andere kohlenstoffhaltige Düngemittel	-	-
3J	Sonstige	167	0,0
4	Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forstwirtschaft	-3.096	-1,4
4A	Wald	-3.571	-1,7
4B	Acker	849	0,4
4C	Grünland	-409	-0,2
4D	Feuchtgebiete	96	0,0
4E	Siedlungen	-63	0,0
4F	Sonstiges Land	-	-
4G	Holzprodukte	-	-
4H	Andere Bereiche	-	-
5	Abfall	434	0,2
5A	Abfalldeponien	98	0,0
5B	Biologische Abfallbehandlung	139	0,1
5C	Abfallverbrennung	-	-
5D	Abwasserreinigung	197	0,1
5E	Andere Bereiche	-	-

1 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 an das 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 schrieb erstmals verbindliche Zielwerte für den Ausstoß von Treibhausgasen fest, welche die hauptsächliche Ursache der globalen Erwärmung sind. Mittlerweile wurde in Nachfolge am 12. Dezember 2015 das Paris-Abkommen (UNFCCC 2015) verabschiedet, das sich das Ziel setzt, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2°C, wenn möglich auf 1,5°C, über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen.

Die Bundesrepublik Deutschland hatte sich im Rahmen des Kyoto-Protokolls verpflichtet, ihre THG-Emissionen bis zum Zeitraum 2008 bis 2012 gegenüber dem Basisjahr 1990 um 21 % zu senken. Im Dezember 2015 haben sich in Paris bei der UN-Klimakonferenz 197 Staaten auf ein neues, globales Klimaschutzabkommen geeinigt. Das Abkommen trat am 4. November 2016 in Kraft, nachdem es von 55 Staaten, die mindestens 55 Prozent der globalen Treibhausgase emittieren, ratifiziert wurde. Unter den Staaten, die das Abkommen ratifiziert haben, befinden sich die Europäische Union (EU) und die Bundesrepublik Deutschland (Ratifikation am 5. Oktober 2016).

Die Verpflichtung nach dem Übereinkommen von Paris bildet auf nationaler Ebene die Grundlage für das Bundes-Klimaschutzgesetz, das im Dezember 2019 verabschiedet worden ist. Gemäß der ersten Fassung des Gesetzes hat sich die Bundesrepublik verpflichtet die THG-Emissionen bis zum Jahr 2030 um 55 % gegenüber dem Basiswert des Jahres 1990 zu senken. Als langfristiges Ziel wurde die Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 festgelegt. Zusätzlich wurden zulässige jährliche CO₂-Emissionsmengen, d. h. definierte Minderungsziele für die einzelnen Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft und Abfall festgelegt. Mit der Novellierung des Klimaschutzgesetzes im Juni 2021 verschärft die Bundesregierung die Klimaschutzvorgaben und verankert das Ziel der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045. Das Minderungsziel für das Jahr 2030 steigt um 10 Prozentpunkte auf mindestens 65 % gegenüber dem Basiswert des Jahres 1990 (BMU 2019, 2021). Die Sektorziele für die Jahre 2020 bis 2030 wurden entsprechend dem Gesamtminderungsziel von 65 % bis 2030 angepasst. Neu sind die Sektorziele für den Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) hinzugekommen (UBA 2023).

Nordrhein-Westfalen steht als wichtiger Industriestandort und bevölkerungsreichstes Bundesland vor der Herausforderung, seinen Beitrag zum Erreichen der deutschen Klimaziele zu leisten. Dazu hat der nordrhein-westfälische Landtag am 23. Januar 2013 das erste Klimaschutzgesetz in Deutschland verabschiedet. Die Neufassung des Klimaschutzgesetzes aus Juli 2021 verschärft die bislang bestehenden Ziele deutlich. Wurde im ersten NRW-

Klimaschutzgesetz des Jahres 2013 noch eine Minderung für das Jahr 2050 von mindestens 80 % im Vergleich zum Jahr 1990 festgeschrieben, so wird nun auch im nordrhein-westfälischen Klimaschutzgesetz das Ziel der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 verankert. Bis zum Jahr 2030 sind Emissionsminderungen von 65 % im Vergleich zum Basisjahr 1990 vorgesehen, bis zum Jahr 2040 sollen die Emissionen um 88 % sinken (MWIDE NRW 2021).

Zur Dokumentation der Emissionsentwicklung hat Nordrhein-Westfalen 2008 ein Treibhausgas-Emissionsinventar eingerichtet, das sich an den Vorgaben des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) orientiert (IPCC 2006, 2019) und durch das LANUV NRW jährlich fortgeschrieben wird. In diesem Inventar werden die jährlichen Emissionen der Treibhausgase Kohlenstoffdioxid/Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffmonoxid (N_2O) sowie wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF_6) bilanziert. In der Fortführung der Treibhausgas-Berichterstattung nach dem Kyoto-Zeitraum gehört ab 2013 noch Stickstofftrifluorid (NF_3) zu den zu bilanzierenden Stoffen (IPCC 2006, 2019). Dieser Stoff wird in der Elektronikindustrie (Herstellung von Flachbildschirmen, Solarindustrie) eingesetzt, spielt in Deutschland aber eine untergeordnete Rolle. Die Emissionen für NRW liegen in der Größenordnung von wenigen Tausend Tonnen CO_2 -Äquivalenten.

Die jährlichen Emissionen der Treibhausgase werden im THG-Emissionsinventar nach den IPCC-Sektoren Energie, Industrieprozesse, Landwirtschaft, Abfall und Sonstige detailliert dokumentiert (IPCC 2006, 2019). Eine Zeitreihenanalyse einzelner Sektoren des THG-Emissionsinventars kann zur Überprüfung eingeleiteter Klimaschutzmaßnahmen herangezogen werden.

CO_2 entsteht vor allem bei Verbrennungsvorgängen, während N_2O in größerem Umfang hauptsächlich bei Industrieprozessen und in der Landwirtschaft emittiert wird. CH_4 tritt insbesondere als flüchtige Emission aus Brennstoffen auf, z. B. im Steinkohlebergbau und der Öl- und Gaswirtschaft, außerdem in der Landwirtschaft und bei Abfalldeponien. Die Treibhausgase HFC, PFC und SF_6 werden u.a. bei Produktanwendungen wie PKW-Klimaanlagen, Anlagen für Gewerbe- und Industriekälte und bei der Aluminiumherstellung freigesetzt.

Die Berechnungen für das Treibhausgas-Emissionsinventar orientieren sich an den Vorgaben der IPCC-Guidelines 2006 und den Verbesserungen 2019 (IPCC 2006, 2019). Datengrundlagen für die Inventarerstellung sind:

- die Emissionsberichte der emissionshandelspflichtigen Anlagen, die auf der Basis der Emissionshandels-Richtlinie erstellt werden (DEHST 2022, Richtlinie (EU) 2018/410),
- die Emissionserklärungen nach der 11. Bundes-Immissionsschutzverordnung (11. BImSchV),
- Daten des Johann Heinrich von Thünen-Instituts, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei in Braunschweig, zur Landwirtschaft und zur Landnutzungsänderung, die im Auftrag des UBA für das Nationale Inventar ermittelt und auch für NRW zur Verfügung gestellt werden,
- 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 Energiebilanzen und Produktionsstatistiken.

Für die Emissionsberechnung werden dem eingesetzten (Brenn-)Stoff jeweils stoffspezifische Emissionsfaktoren zugeordnet. Der Emissionsfaktor bezeichnet das Verhältnis zwischen der Masse des freigesetzten Stoffes (des Treibhausgases) und eingesetzter Masse oder Energieinhalt eines Ausgangsstoffes (z. B. dem 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 im Rahmen des Kyoto-Protokolls wurde für CH₄ mit einem Global Warming Potential (GWP) von 28 und für N₂O mit einem GWP von 265 gerechnet. Eine Übersicht der verwendeten GWP für die übrigen Treibhausgase ist in Tabelle 2 dargestellt.

Die Treibhausgasemissionen werden in den folgenden Tabellen 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, Industrie, Landwirtschaft, Abfall und Sonstige detailliert dokumentiert. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht über die Hauptsektoren.

Tabelle 2: Übersicht über die verwendeten GWP

Bezeichnung	GWP nach IPCC AR5
Kohlendioxid	1
Methan	28
Distickstoffoxid	265
Schwefelhexafluorid	23.500
Stickstofftrifluorid	16.100
Teilfluorierte Kohlenwasserstoffe	
HFC-23	12.400
HFC-32	677
HFC-41	116
HFC-43-10mee	1.650
HFC-125	3.170
HFC-134	1.120
HFC-134a	1.300
HFC-143	328
HFC-143a	4.800
HFC-227ea	3.350
HFC-236fa	8.060
HFC-245ca	716
Perfluorierte Kohlenwasserstoffe	
Perfluormethan (PFC-14)	6.630
Hexafluorethan (PFC-116)	11.100
Octafluorpropan (PFC-218)	8.900
Perfluorbutan (PFC-31-10)	9.200
Perfluorcyclobutan (PFC-318)	9.540
Perfluorpentan (PFC-41-12)	8.550
Perfluorhexan (PFC-51-14)	7.910

Quelle: IPCC's Fifth Assessment Report, Climate Change 2013 (IPCC 2013)

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 unter dem Sektor 1A2 Industrie zusammengefasst (mit * gekennzeichnete Sektoren in der Tabelle 3). Prozessbedingte Emissionen sind Emissionen der Industrie, die bei chemischen Reaktionen entstehen, die keine Verbrennungsprozesse sind.

Tabelle 3: 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
	Tierhaltung
3A	Fermentation/Darmgärung
3B	Düngerwirtschaft/Güllemanagement
	Bodennutzung
3C	Reisanbau
3D	Landwirtschaftliche Böden
3E	Brandrodung
3F	Verbrennung von Ernterückständen auf der Fläche
3G	Kalkung
3H	Harnstoffanwendung
3I	Andere kohlenstoffhaltige Düngemittel
3J	Sonstige
4	Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forstwirtschaft
4A	Wald
4B	Acker
4C	Grünland
4D	Feuchtgebiete
4E	Siedlungen
4F	Sonstiges Land
4G	Holzprodukte
4H	Andere Bereiche
5	Abfall
5A	Abfalldeponien
5B	Biologische Abfallbehandlung
5C	Abfallverbrennung
5D	Abwasserreinigung
5E	Andere Bereiche

2 Entwicklung und aktueller Stand der THG-Emissionen in NRW

In den folgenden Abschnitten werden zunächst die aktuellen Emissionsdaten des Jahres 2021 (Abschnitt 2.1) und die Anteile der einzelnen Emissionssektoren (Abschnitt 2.2) näher betrachtet. Abschnitt 2.3 erläutert die Ergebnisse der Unsicherheitenabschätzung des Inventars. In Abschnitt 2.4 folgt eine Betrachtung der Emissionen seit 1990, d. h. dem Basisjahr, auf das sich die derzeitigen Minderungsziele beziehen. Kapitel 3 enthält Vergleiche der nordrhein-westfälischen THG-Emissionen mit den gesamtdeutschen Emissionen und den Emissionen der EU 27 sowie Kapitel 4 einen Ausblick mit vorläufigen Angaben für das Jahr 2022.

2.1 Treibhausgasemissionen NRW im Jahr 2021

Im Jahr 2021 wurden in Nordrhein-Westfalen insgesamt 217,3 Mio. t CO₂-Äquivalente emittiert (Abbildung 2).

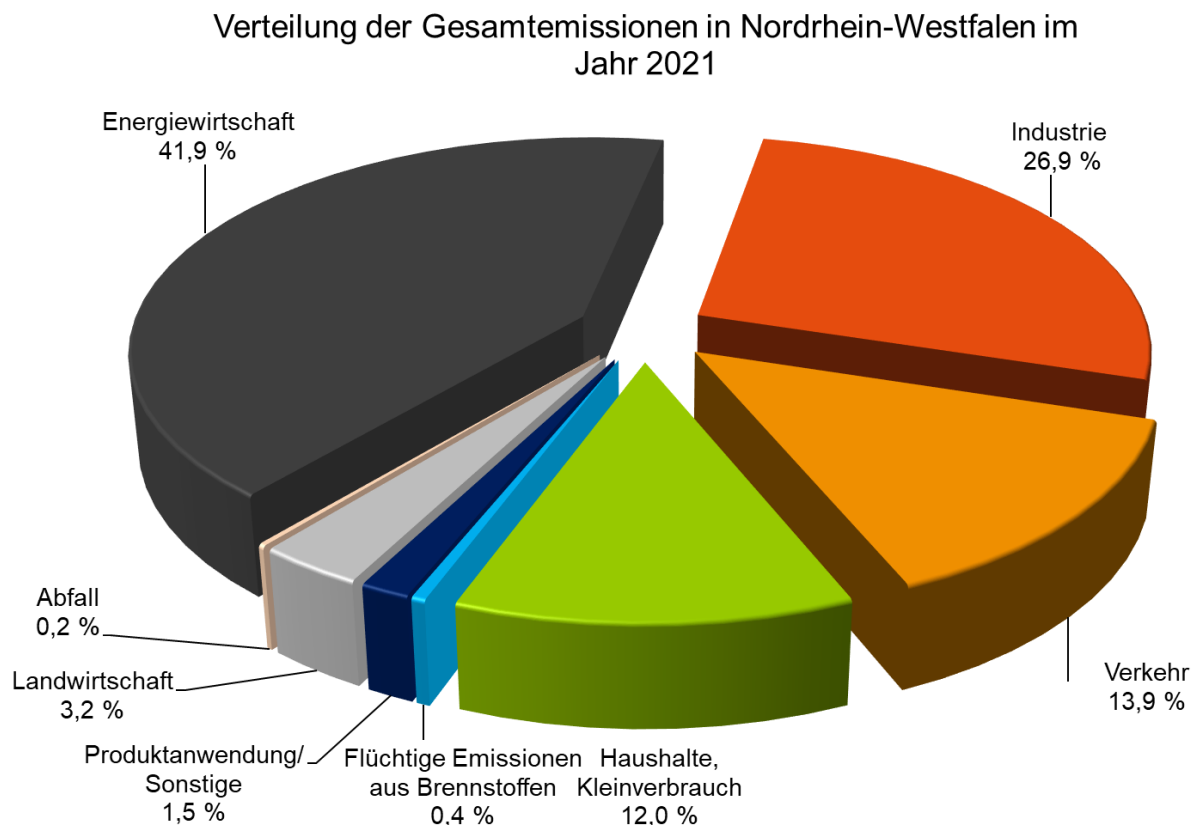


Abbildung 2: Verteilung der Gesamtemissionen in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021 (insgesamt 217,3 Mio. t CO₂eq)

Mit 41,9 % entstanden im Jahr 2021 etwas weniger als die Hälfte der THG-Emissionen im Sektor Energiewirtschaft (Abbildung 2). Weitere bedeutende Emissionssektoren sind die Industrie (26,9 %), der Verkehr (13,9 %) sowie Haushalte und Kleinverbraucher (12,0 %). Die Bereiche Landwirtschaft und Abfall verursachen 3,2 % bzw. 0,2 % der nordrhein-westfälischen Treibhausgas-Emissionen. Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen, z. B. aus

Steinkohlezechen und der Öl- und Gaswirtschaft, machen etwa 0,5 % der Emissionen aus. Durch Produktanwendungen wie beispielsweise Pkw-Klimaanlagen und Gebäudekälte entstehen ebenfalls etwa 1,5 % der THG-Emissionen.

Tabelle 4: Treibhausgasemissionen Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC/PFC SF ₆ NF ₃	Gesamt	Anteil %
		in Gg (1000 t) CO ₂ -Äquivalente					
	Gesamtemission NRW	204.585	6.100	3.725	2.854	217.264	100,0
1A1	Energiewirtschaft	90.264	73	630	-	90.967	41,9
1A2/2A-2C	Industrie	58.096	58	166	51	58.370	26,9
1A3	Verkehr	29.676	45	436	-	30.156	13,9
1A4-5	Haushalte und Kleinverbrauch	25.707	276	78	-	26.061	12,0
1B	Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen	123	826	-	-	949	0,4
1C	CO ₂ -Transport und Speicherung	-	-	-	-	-	-
2D-H	Produktanwendung/Sonstige	437	5	53	2.803	3.299	1,5
3	Landwirtschaft	282	4.499	2.247	-	7.028	3,2
5	Abfall	-	319	115	-	434	0,2

Die Gesamtemissionen setzen sich zu 94,2 % aus Kohlendioxid (CO₂), zu 2,8 % aus Methan (CH₄), zu 1,7 % aus Lachgas (N₂O) und zu 1,3 % aus HFC/PFC/SF₆/NF₃ zusammen.

Methan wird vor allem aus Steinkohlezechen im Sektor Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen, in der Landwirtschaft und im Sektor Abfall (Abfaldeponien) emittiert. N₂O-Emissionen treten hauptsächlich in den Sektoren Landwirtschaft und Energiewirtschaft auf. HFC/PFC/SF₆/NF₃-Emissionen entstehen vorwiegend im Sektor Produktanwendungen und zu einem geringen Teil bei der Aluminiumherstellung.

Circa 64 % der Gesamtemissionen entfallen auf Anlagen des europäischen Emissionshandels gemäß Emissionshandels-Richtlinie (EU) 2018/410 (DEHST 2022). Somit werden gut zweidrittel aller in Nordrhein-Westfalen entstehenden Emissionen durch das Instrument des europäischen Emissionshandels erfasst. Diese Emissionen entstehen in den Sektoren 1A1 Energiewirtschaft, 1A2 Industrie und im Sektor 2 Industrieprozesse mit den Subsektoren 2A Mineralproduktion, 2B Chemische Industrie und 2C Metallproduktion.

2.2 Emissionen der Sektoren im Jahr 2021

Im Folgenden werden die Emissionen der einzelnen Sektoren im Jahr 2021 näher beschrieben.

2.2.1 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 5). Datengrundlage für die Ermittlungen der Emissionen des Sektors Energiewirtschaft sind hauptsächlich die Emissionsberichte der Anlagenbetreiber aus dem Emissionshandel (DEHST 2022, 2023). 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 Daten aus dem Nationalen Inventarbericht des UBA (2023).

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 (2023) 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. Für die Gaswirtschaft können Zahlen des Statistischen Bundesamtes und des Landesbetriebs IT.NRW zur Anwendung gebracht werden, mit denen der Anteil des Erdgasverbrauchs Nordrhein-Westfalens am bundesdeutschen Verbrauch ermittelt werden kann.

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. Rund 68,2 % der Gesamtemissionen werden hier emittiert. Dazu trägt vor allem die öffentliche Strom- und Wärmeversorgung bei, die etwa 37,4 % der Gesamtemissionen verursacht (siehe Kapitel 2.2.2).

Der Sektor Verkehr trägt mit 13,9 % zu den nordrhein-westfälischen THG-Emissionen bei. Rund 89 % der Emissionen in diesem Sektor werden durch den Straßenverkehr verursacht (siehe Kapitel 2.2.4).

Die Emissionsberechnungen für die Sektoren 1A4-5 Haushalte, Kleinverbraucher erfolgen auf Basis von Daten aus dem Nationalen Inventarbericht des UBA (UBA 2023). Sie liegen mit ca. 26,1 Mio. t CO_{2eq} auf einem vergleichbaren Emissionsniveau zum Vorjahr 2020 und machen etwa 12,0 % der Gesamtemissionen Nordrhein-Westfalens im Jahr 2021 aus.

Tabelle 5: Treibhausgasemissionen des Sektors Energie in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021 (ohne den Sektor 1A2 Industrie)

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC/PFC SF ₆ /NF ₃	Gesamt	Anteil %
		in Gg (1000 t) CO ₂ -Äquivalente					
	Gesamtemission NRW	204.585	6.100	3.725	2.854	217.264	100,0
1	Energie (ohne 1A2 Industrie)	145.770	1.219	1.144	-	148.133	68,2
1A	Einsatz von Brennstoffen (ohne 1A2 Industrie)	145.647	393	1.144	-	147.184	67,8
1A1	Energiewirtschaft	90.264	73	630	-	90.967	41,9
1A1a	Öffentl. Strom- u. Wärmever- sorgung	80.595	70	594	-	81.258	37,4
1A1b	Raffinerien	7.255	2	20	-	7.276	3,3
1A1c	Herstellung fester Brennstoffe/ sonstige Energieindustrie	2.414	1	17	-	2.433	1,1
1A3	Verkehr	29.676	45	436	-	30.156	13,9
1A3a	Flugverkehr	231	1	2	-	234	0,1
1A3b	Straßenverkehr	26.668	41	259	-	26.968	12,4
1A3c	Schienenverkehr	125	0	1	-	127	0,1
1A3d	Schiffsverkehr	1.085	1	156	-	1.241	0,6
1A3e	Sonstiger Verkehr	1.566	3	18	-	1.586	0,7
1A4-5	Haushalte und Klein- verbrauch	25.707	276	78	-	26.061	12,0
1B	Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen	123	826	-	-	949	0,4
1B1	Feste Brennstoffe	0	358	-	-	359	0,2
1B2	Öl und Erdgas	123	467	-	-	590	0,3
1B2a	Ölwirtschaft	123	5	-	-	128	0,1
1B2b	Gaswirtschaft	-	462	-	-	462	0,2

Im Sektor 1B Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen werden CH₄-Emissionen in Höhe von 0,8 Mio. t CO_{2eq} sowie geringe Mengen CO₂ bilanziert, das entspricht einem Anteil von etwa 0,4 % an den Gesamtemissionen. In diesem Sektor ist im Vergleich zum Vorjahr eine deutliche Emissionsreduktion von 921 Tausend t CO_{2eq}, d. h. 96 % zu verzeichnen. Ein Großteil des CH₄ wird aus dem Bereich der Gaswirtschaft 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.

2.2.2 Sektor Energiewirtschaft

Im Sektor Energiewirtschaft entstehen im Jahr 2021 Emissionen in Höhe von 91,0 Mio. t CO_{2eq} (DEHST 2022). Der hohe Anteil an den Gesamtemissionen des Landes erklärt sich dadurch, dass rund 40 % der bundesdeutschen Kohlestromerzeugung (Nettostromerzeugung) überwiegend in Stein- und Braunkohlekraftwerken in Nordrhein-Westfalen stattfindet (LANUV NRW 2023/ DESTATIS 2022A).

Mit rund 81,3 Mio. t CO_{2eq} stammen im Jahr 2021 knapp 89 % der Emissionen im Sektor Energiewirtschaft aus Anlagen der Öffentlichen Strom- und Wärmeversorgung (Sektor 1A1a). Auf Energieerzeugungsanlagen in Raffinerien (Sektor 1A1b) und der sonstigen Energieindustrie (Sektor 1A1c) entfallen zusammen ca. 9,7 Mio. t CO_{2eq}. Braunkohlekraftwerke verursachten mit rund 55,4 Mio. t CO_{2eq} gut 68 % der Kraftwerks-Emissionen. Weitere rund 14,7 Mio. t CO_{2eq} entstammen Steinkohlekraftwerken (Abbildung 3). Emissionen aus Gaskraftwerken machten im Jahr 2021 mit ungefähr 7,0 Mio. t CO_{2eq} etwa 13 % der Emissionen aus Kraftwerken der Energiewirtschaft aus (Abbildung 4).



Abbildung 3: Anlagen der Öffentlichen Strom- und Wärmeversorgung tragen mit rund 89 % zu den Treibhausgas-Emissionen des Sektors Energiewirtschaft bei. Der Treibhausgasausstoß aus Steinkohlekraftwerken wie Datteln 4 lag im Jahr 2021 bei 14,2 Mio. t CO_{2eq}. Im Vergleich zum Vorjahr haben sich die Emissionen dieses Kraftwerkes nahezu verdoppelt. (Quelle: LANUV NRW/Katharina Filz).

Die Emissionen aus der Verfeuerung konventioneller Energieträger wie Braunkohle, Steinkohle, Erdgas oder Mineralölprodukten in Kraftwerken stiegen im Vergleich zum Vorjahr insgesamt um rund 15 %. Der stärkste Emissionsanstieg ist mit 23,6 % im Bereich der Braunkohlestromerzeugung zu verzeichnen. Die Emissionen aus Steinkohlekraftwerken sind im gleichen Zeitraum um 11,4 % gestiegen. Die Emissionen aus Erdgaskraftwerken sind im Jahr 2021 im gleichen Maße gefallen. Die Emissionsreduktion lag bei 21,6 %. Die Emissionen aus der Verbrennung sonstiger fossiler Energieträger (z. B. Mineralölprodukte) haben einen Anstieg von circa 5,1 % im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen.

Gemäß den vorläufigen Daten für das Jahr 2022 sind die Emissionen aus der Braunkohlestromerzeugung wiederholt angestiegen, und zwar um weitere 6,2 %. Die Emissionen aus der Steinkohlestromerzeugung sind im Jahr 2022 deutlich um 21,8 % gestiegen. Der Erdgasinsatz in der Stromerzeugung hingegen sank um rund 11 %. Auch die Emissionen im Bereich der sonstigen fossilen Energieträger sind um 1,7 % zurückgegangen. Insgesamt sind die Emissionen der Energiewirtschaft im Jahr 2022 um voraussichtlich 7 % auf nunmehr rund 84 Mio. t CO_{2eq} weiter angestiegen.

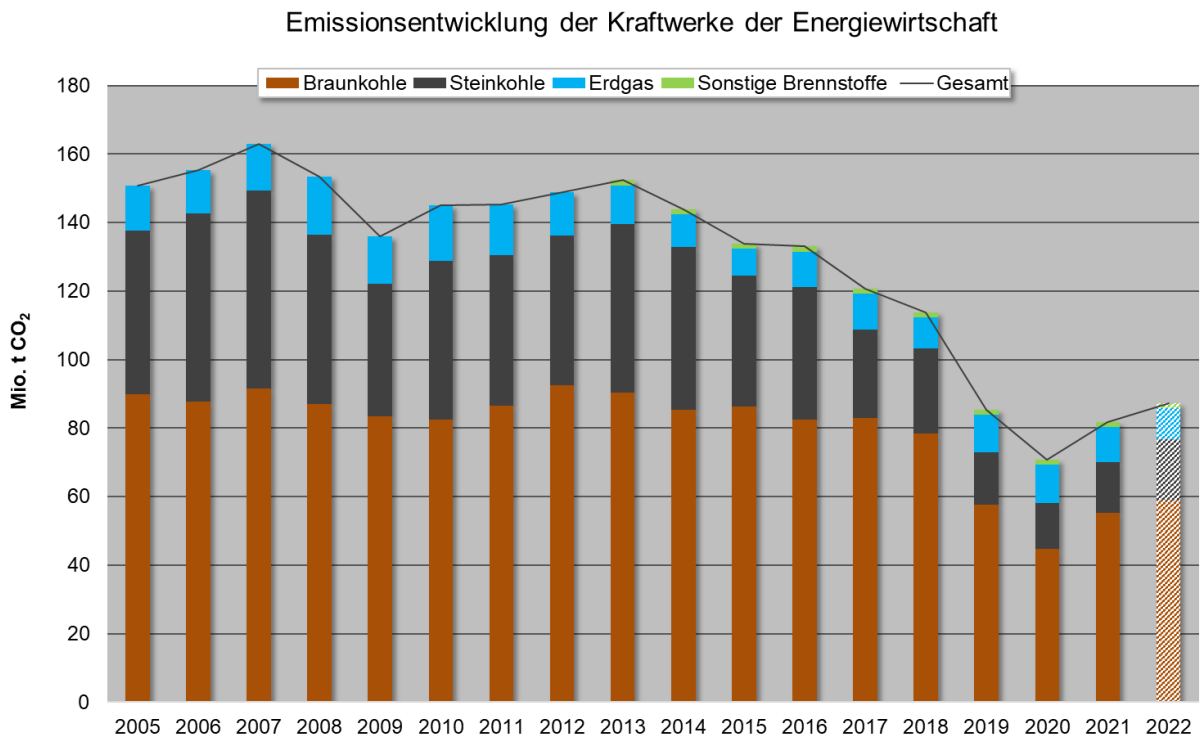


Abbildung 4: Emissionsentwicklung in nordrhein-westfälischen Kraftwerken seit Beginn der Berichtspflicht im Europäischen Emissionshandel 2005 entsprechend der Hauptbrennstoffe der Kraftwerke. Emissionsminderungen resultieren im Wesentlichen aus dem Rückgang verbrennungsbedingter Emissionen in der Kohleverstromung.

2.2.3 Sektor Industrie

Unter dem Sektor Industrie sind die energie- und prozessbedingten Emissionen der Industrie zusammengefasst (Tabelle 6). Wichtigste Datengrundlagen für die Emissionsberechnungen sind die Betreiberangaben in den Emissionsberichten des Emissionshandels und den Emissionserklärungen gemäß der Elften Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verordnung über Emissionserklärungen - 11. BImSchV.

Insgesamt wurden im Jahr 2021 von der nordrhein-westfälischen Industrie THG-Emissionen in Höhe von 58,4 Mio. t CO_{2eq} ausgestoßen. Das entspricht etwa 26,9 % der Gesamtemissionen. Der Hauptteil der Industrieemissionen entsteht beim Einsatz von Brennstoffen zur Energieerzeugung (1A2).

Die größten Emittenten im Bereich Industrie sind die Eisen- und Stahlproduktion, die chemische Industrie und die Mineralproduktion (Zement-, Kalk- und Glasherstellung) (Abbildung 5). Diese Industriesubsektoren haben jeweils auf Grund ihrer Emissionsmengen für die Gesamtemissionen in Nordrhein-Westfalen eine größere Bedeutung als beispielsweise die Sektoren Landwirtschaft und Abfall.

Tabelle 6: Treibhausgasemissionen der Sektoren Industrie und Produktanwendungen im Jahr 2021 (energie- und prozessbedingte Emissionen der Industrie)

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC/PFC SF ₆	Gesamt	Anteil %
		in Gg (1000 t) CO ₂ -Äquivalente					
	Gesamtemission NRW	204.585	6.100	3.725	2.854	217.264	100,0
1A2/2A-C	Industrie	58.096	58	166	51	58.370	26,9
1A2a/2C	Eisen und Stahl	27.664	43	54	-	27.761	12,8
1A2b/2C	Nichteisen-Metalle	1.649	1	5	51	1.706	0,8
1A2c/2B	Chemische Industrie	14.827	6	67	-	14.900	6,9
1A2d	Zellstoff, Papier, Druck	1.329	1	6	-	1.337	0,6
1A2e	Nahrungsmittelindustrie	1.119	1	3	-	1.123	0,5
1A2f/2A	Nichtmetallische Minerale	10.470	3	20	-	10.494	4,8
1A2m	Sonstige	1.038	2	11	-	1.050	0,5
2D-H	Produktanwendung/ Sonstige	437	5	53	2.803	3.299	1,5

Treibhausgas-Emissionen der Sektoren Industrie und Produktanwendungen im Jahr 2021

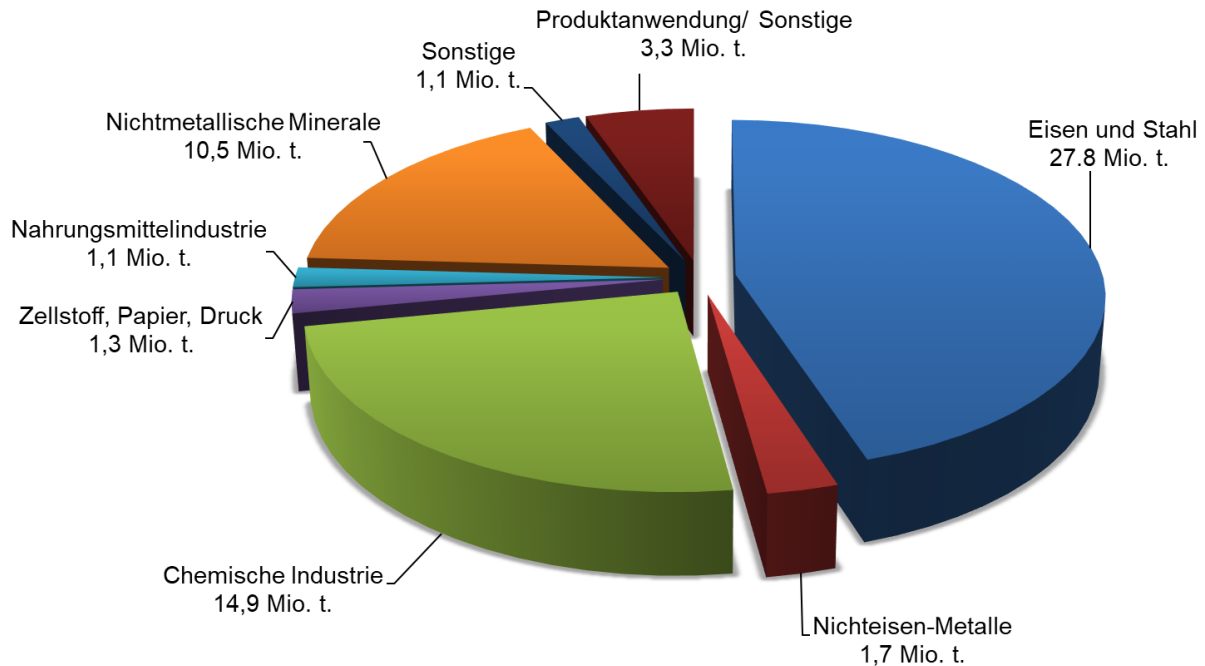


Abbildung 5: Energie- und prozessbedingte Treibhausgas-Emissionen der Sektoren Industrie (1A2/2A-C) und Produkthanwendungen/Sonstige (2D-H) im Jahr 2021. Die größten Emittenten im Bereich Industrie sind die Eisen- und Stahlproduktion, die chemische Industrie und die Mineralproduktion (Zement-, Kalk- und Glasherstellung).

Im Sektor Industrie lässt sich die Entstehung der Treibhausgase den verschiedenen Prozessen zuordnen. CO₂ entsteht, abgesehen von der Mineralproduktion und einigen chemischen Prozessen, 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.

2.2.4 Sektor Verkehr

Auf den Verkehrssektor entfallen mit rund 30,2 Mio. t CO_{2eq} im Jahr 2021 insgesamt 13,9 % der Gesamtemissionen in NRW. Dieser Sektor wird mit 26,7 Mio. t CO_{2eq} zu rund 89 % von Emissionen aus dem Straßenverkehr dominiert.

Die Ausdifferenzierung der Emissionen nach Fahrzeugklassen (Tabelle 7) zeigt die Hauptemittenten im Straßenverkehrssektor. Mit 65,3 % entfällt der größte Anteil von 17,6 Mio. t CO_{2eq} auf Personenkraftwagen, gefolgt von Last- und Sattelzügen mit 5,0 Mio. t CO_{2eq}. Das entspricht 18,6 % der Straßenverkehrsemissionen. Auf Lastkraftwagen, leichte Nutzfahrzeuge und Busse entfallen jeweils <10 % der Emissionen im Straßenverkehr. Krafträder tragen mit 0,2 Mio. t CO_{2eq} den geringsten Teil zu den Emissionen des Straßenverkehrssektors bei (Tabelle 7/Abbildung 6). Die CO₂-Emissionen des Straßenverkehrssektors sind direkt mit dem Kraftstoffverbrauch gekoppelt. N₂O-Emissionen entstehen hauptsächlich als Nebenprodukt in 3-Wege- oder SCR-Katalysatoren.

Tabelle 7: Treibhausgasemissionen des Subsektors 1A3b Straßenverkehr des Jahres 2021 nach Fahrzeugklassen differenziert

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC/PFC SF ₆	Gesamt	Anteil %
		in Gg (1000 t) CO ₂ -Äquivalente					
1A3	Gesamtemission Verkehr	29.676	45	436	-	30.156	13,9
1A3b	Straßenverkehr	26.668	41	259	-	26.968	89,4
	Personenkraftwagen	17.452	30	120	-	17.603	65,3
	Leichte Nutzfahrzeuge	2.080	2	21	-	2.104	7,8
	Busse	617	0	6	-	623	2,3
	Lastkraftwagen	1.436	0	19	-	1.455	5,4
	Last- und Sattelzüge	4.918	0	92	-	5.010	18,6
	Krafträder	165	8	1	-	174	0,6

Treibhausgas-Emissionen der Fahrzeugklassen des Straßenverkehrs

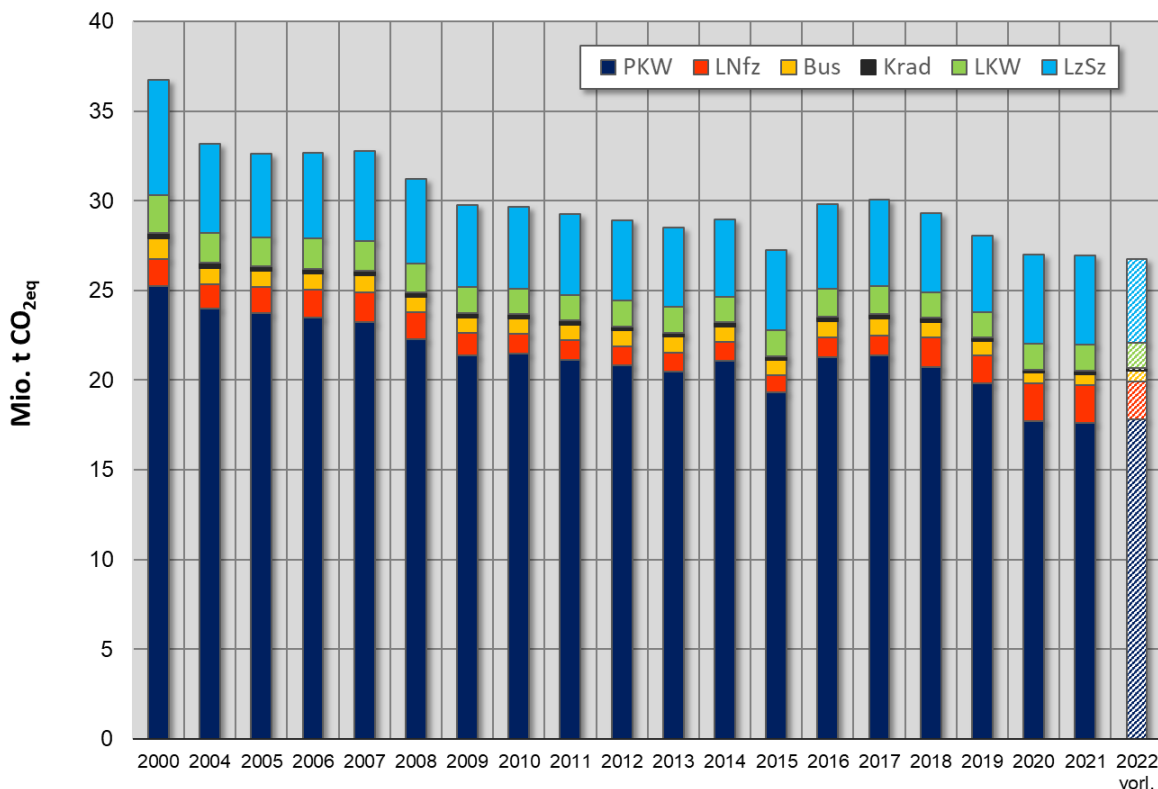


Abbildung 6: Zeitreihe der Straßenverkehrsemissionen der Jahre 2000 bis 2021 und vorläufigen Zahlen für das Jahr 2022 differenziert nach Fahrzeugklassen. (Pkw: Personenkraftwagen, LNfz: Leichte Nutzfahrzeuge, Bus: Busse, Krad: Motorräder und Motorroller, Lkw: Lastkraftwagen ab 3,5 t ohne Anhänger, LzSZ: Lastzüge (Lkw mit Anhänger) > 20 t und Sattelzüge > 20 t). Personenkraftwagen tragen zu rund 65 % zu den Emissionen des Straßenverkehrs bei. Die Tendenz der Emissionen verhält sich in den Jahren 2021 und 2022 nahezu konstant zum Vorjahr 2020.

2.2.5 Sektor Produktanwendung

Im Sektor Produktanwendung entstehen insgesamt 3,3 Mio. t/a CO_{2eq} bzw. 1,5 % der nordrhein-westfälischen THG-Emissionen (Tabelle 6). Der größte Teil der THG-Emissionen dieses Sektors besteht aus HFC-, PFC-, SF₆- und NF₃-Emissionen aus Klima- und Kälteanlagen, Schallschutzscheiben und sonstigen Produktanwendungen. Weitere Anteile liefern u. a. CO₂-Emissionen aus kohlenstoffhaltigen Lösemitteln sowie N₂O-Emissionen aus dem Einsatz von Lachgas als Narkosemittel (Abbildung 7).

Da statistische Daten für diesen Sektor für Nordrhein-Westfalen nicht vorliegen oder nur mit großem Aufwand zu ermitteln sind, werden die HFC-/PFC-/SF₆- und NF₃-Emissionen sowie die N₂O- und CO₂-Emissionen aus der Produktanwendung anhand der Angaben des UBA (2023A) für Deutschland auf Nordrhein-Westfalen umgerechnet.



Abbildung 7: Im Bereich Produktanwendung/Sonstige ist eine Substitution besonders klimaschädlicher Gase durch weniger klimawirksame zu verzeichnen. Im Jahr 2021 beliefen sich die Emissionen dieses Sektors auf 3,3 Mio. t CO_{2eq} (Quelle: AdobeStock/Sepia100)

2.2.6 Sektor Landwirtschaft

Im Sektor Landwirtschaft werden die Emissionen aus den Bereichen Tierhaltung (Sektor 3A/3B) und Bodennutzung bilanziert (Sektor 3C-3J) (Tabelle 8). Der Bereich Tierhaltung setzt sich aus den Subsektoren Darmgärung (Verdauungsvorgänge in den Tiermägen) und Gülle-Management (Lagerung von Mist und Gülle) zusammen. Ebenso werden gemäß IPCC (2006) indirekte N_2O -Emissionen, die im Bereich Stall/Lager entstehen sowie Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen der Tierhaltung (Sektor 3B) zugeordnet. Die Emissionen des Bereichs Bodennutzung entstehen beispielsweise durch die Anwendung von Mineraldünger, Kalken, Harnstoffanwendungen und die Ausbringung von Wirtschaftsdünger auf landwirtschaftlich genutzten Böden. Der Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forstwirtschaft (4) wird nur nachrichtlich aufgeführt. Die dort in Summe ausgewiesene Emissionsgutschrift geht nicht in die Gesamtemission für Nordrhein-Westfalen ein, da die nationalen und internationalen Vergleichswerte in der Regel auch ohne diesen Sektor angegeben werden.

Die Daten im Sektor Landwirtschaft stammen einschließlich des Sektors 4 (Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forstwirtschaft) vom Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI), welches jährlich im Auftrag des Umweltbundesamtes die THG-Emissionen der deutschen Landwirtschaft für den Nationalen Inventarbericht berechnet und auch die Daten für Nordrhein-Westfalen zur Verfügung stellt (TI 2023).

Die Emissionen der nordrhein-westfälischen Landwirtschaft belaufen sich im Jahr 2021 auf 7,0 Mio. t CO_{2eq} . Das entspricht 3,2 % der Gesamtemissionen. Es werden hauptsächlich CH_4 aus der Tierhaltung und N_2O aus der Bodennutzung emittiert (Abbildung 8). CO_2 wird in der Landwirtschaft nur zu einem sehr geringen Teil freigesetzt und entsteht vorwiegend bei der Kalkung von Böden und in geringeren Mengen bei der Anwendung von Harnstoff.



Abbildung 8: Auf den Sektor Landwirtschaft entfallen mit rund 7,0 Mio. t CO_{2eq} im Jahr 2021 insgesamt 3,2 % der Gesamtemissionen in NRW. Über die Hälfte der Landwirtschaftsemissionen wird durch die Haltung von Nutztieren, insbesondere Rindern, verursacht. Die Emissionen aus der Tierhaltung und der Bodennutzung sind rückläufig (Quelle: AdobeStock/flightpixel, AdobeStock/framedventures)

Tabelle 8: Treibhausgasemissionen des Sektors Landwirtschaft im Jahr 2021

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC/PFC SF ₆	Gesamt	Anteil %
		in Gg (1000 t) CO ₂ -Äquivalente					
	Gesamtemission NRW	204.585	6.100	3.725	2.854	217.264	100,0
3	Landwirtschaft	282	4.499	2.247	-	7.028	3,2
3A	Fermentation/Darmgärung	-	3.049	-	-	3.049	1,4
3B	Düngerwirtschaft/ Güllemanagement	-	1.351	381	-	1.732	0,8
3C	Reisanbau	-	-	-	-	-	-
3D	Landwirtschaftliche Böden	-	-	1.799	-	1.799	0,8
3E	Brandrodung	-	-	-	-	-	-
3F	Verbrennung von Ernterückständen auf der Fläche	-	-	-	-	-	-
3G	Kalkung	245	-	-	-	245	0,1
3H	Harnstoffanwendung	37	-	-	-	37	0,0
3I	Andere kohlenstoffhaltige Düngemittel	-	-	-	-	-	-
3J	Sonstige	-	99	68	-	167	0,0
4	Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forstwirtschaft	-3.265	94	75	-	-3.096	-1,4
4A	Wald	-3.586	1	15	-	-3.571	-1,7
4B	Acker	807	3	40	-	849	0,4
4C	Grünland	-419	9	1	-	-409	-0,2
4D	Feuchtgebiete	15	81	0	-	96	0,0
4E	Siedlungen	-82	1	18	-	-63	0,0
4F	Sonstiges Land	-	-	-	-	-	-
4G	Holzprodukte	-	-	-	-	-	-
4H	Andere Bereiche	-	-	-	-	-	-

In der Tierhaltung sind vor allem Verdauungsvorgänge in Tiermägen emissionsintensiv. Durch die Haltung von Nutztieren entstehen mit rund 4,8 Mio. t CO_{2eq} etwa 68,0 % der Landwirtschafts-Emissionen und rund 2,2 % der Gesamtemissionen Nordrhein-Westfalens (ohne LULUCF) (Tabelle 8/Abbildung 9). Dabei handelt es sich ausschließlich um Methan- und Lachgasemissionen. Ohne die Berücksichtigung der Vergärung von Energiepflanzen, entfallen circa 75 % der Emissionen im Bereich der Tierhaltung auf die Rinderhaltung, v. a. auf Milchkühe. Mit rund 22 % ist knapp ein Viertel der Emissionen auf die Haltung von Schweinen zurückzuführen. Die Emissionen von Pferden, Schafen, Ziegen und Geflügel sind in der Gesamtbilanz nahezu vernachlässigbar. Nicht berücksichtigt werden in der Bilanzierung wegen Geringfügigkeit die Emissionen von Gehegewild, Kaninchen, Straußen und Pelztieren.

Tabelle 9: Treibhausgasemissionen des Subsektors Tierhaltung im Jahr 2021. Indirekte Emissionen als Folge der Deposition von reaktivem Stickstoff sowie aus der Vergärung von Energiepflanzen werden bei dieser Darstellung und der folgenden Abbildung nicht berücksichtigt

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC/PFC SF ₆	Gesamt	Anteil %
		in Gg (1000 t) CO ₂ -Äquivalente					
	Gesamtemission Landwirtschaft	316	4.618	1.947	-	6.881	3,4
	Tierhaltung (ohne Energiepflanzen)	-	4.520	238	-	4.516	100,0
	Kühe	-	3.390	146	-	3.536	75,2
	Schweine	-	1.038	76	-	1.114	22,4
	Schafe	-	29	1	-	30	0,7
	Ziegen	-	2	0	-	2	0,0
	Pferde	-	47	9	-	56	1,2
	Geflügel	-	14	6	-	20	0,4

Verteilung der Treibhausgas-Emissionen der Tierhaltung

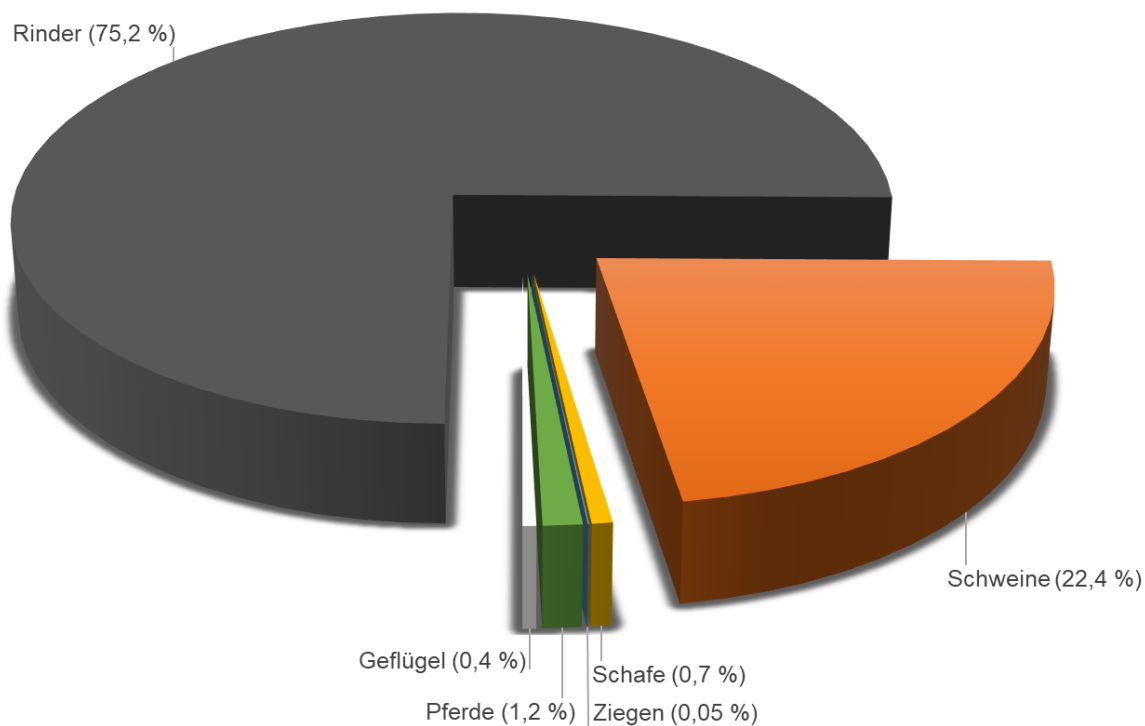


Abbildung 9: Mit ca. 3,5 Mio. t CO₂eq sind Rinder die Hauptemittenten im Bereich der Tierhaltung. Knapp ein Viertel geht zu Lasten der Schweinehaltung. Schafe, Pferde, Ziegen und Geflügel tragen nur geringfügig zu den Emissionen bei

2.2.7 Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forstwirtschaft

Im Sektor 4 werden die Auswirkungen von Landnutzung und der Landnutzungsänderungen sowie der Forstwirtschaft auf die Treibhausgasemissionen zusammengefasst. Die Kategorie Wald umfasst Laub-, Nadel- und Mischwaldflächen, in der Kategorie Ackerland werden Emissionen aus Ackerlandkulturen, Hopfen-, Wein- sowie Obstanbauflächen betrachtet. Emissionen aus der klassischen Grünlandnutzung (Wiesen, Weiden und Nassgrünland) ebenso wie Gehölzen werden in der Kategorie Grünland dargestellt. In der Kategorie Feuchtgebiete werden Emissionen aus terrestrischen Feuchtgebieten, Gewässern und dem Torfabbau summiert. Flächen zu Wohn-, Produktions- und Verkehrszwecken sowie innerstädtische Grünflächen sind in der Kategorie Siedlungen zusammengefasst.

In Summe ergibt sich hier für Nordrhein-Westfalen eine Einbindung insbesondere von Kohlendioxid in Laub-, Nadel- und Mischwaldflächen sowie Grünland (Abbildung 10). Rund 3,6 Mio. t CO_{2eq} konnten 2021 durch Waldnutzung und Aufforstung gebunden werden. Weitere rund 0,4 Mio. t CO_{2eq} wurden durch die Umwandlung von Ackerland, Feuchtgebieten und Siedlungsflächen in Grünland aufgenommen. Im Subsektor Siedlungen werden im Jahr 2021 Emissionen in Höhe 0,1 Mio. t CO_{2eq} gebunden. Die höchsten Emissionen im Sektor Landnutzung und Landnutzungsänderungen entstammen 2021 der Kategorie Ackerland. Rund 1 Mio. t CO_{2eq} werden durch dessen Nutzung sowie die Umwandlung von Feuchtgebieten, Siedlungen und insbesondere Grünland in Ackerland verursacht. Weitere Emissionen in Höhe von 0,1 Mio. t CO_{2eq} entstehen in der Kategorie Feuchtgebiete.

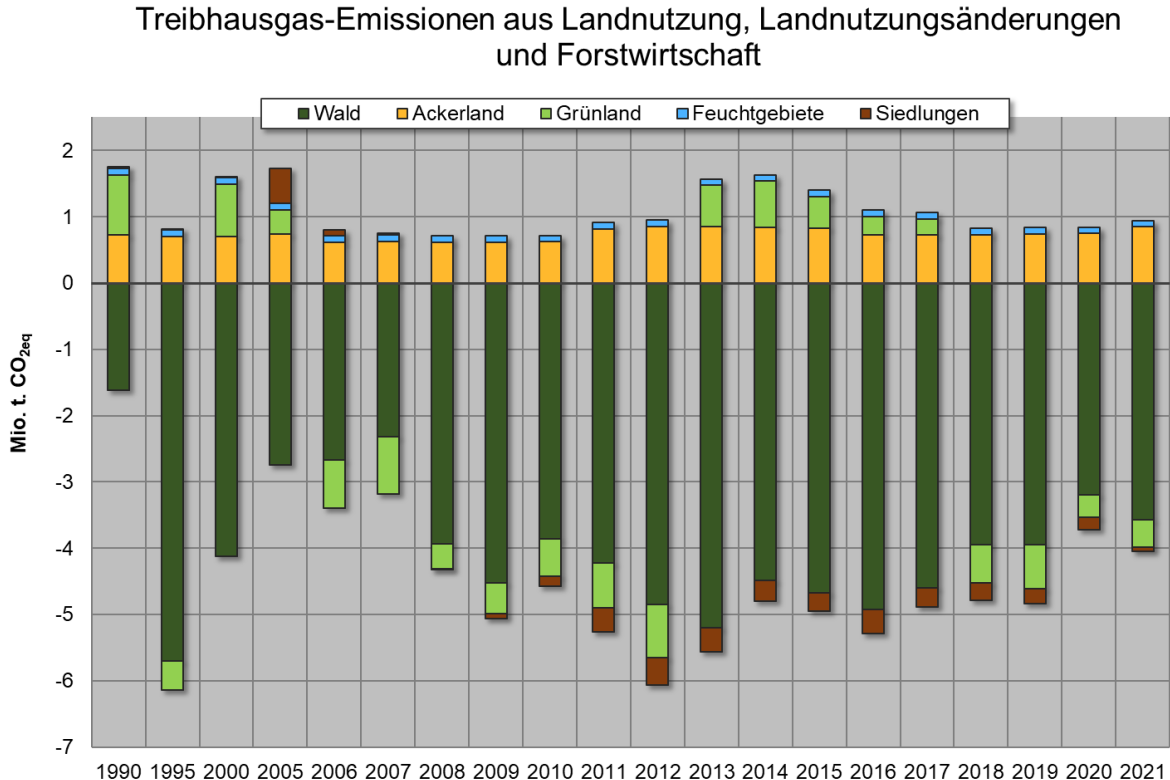


Abbildung 10: Zeitreihe der Emissionen aus Sektor 4 Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forstwirtschaft der Jahre 1990 bis 2021 differenziert nach Quellen und Senken. In Summe dominiert in diesem Sektor die Einbindung von Treibhausgasen in Waldflächen und Grünland.

2.2.8 Sektor Abfall

Der Sektor Abfall setzt sich zusammen aus den Emissionssektoren Abfalldeponien, Biologische Abfallbehandlung, Abwasserreinigung und Sonstige (Tabelle 10). Die Anlagen zur Abfallverbrennung sind im Sektor 1A1a Energiewirtschaft erfasst. Insgesamt entstehen im Sektor Abfall CH₄- und N₂O-Emissionen in Höhe von ca. 0,4 Mio. t CO_{2eq}. Dies entspricht einem Anteil von 0,2 % an den nordrhein-westfälischen Gesamtemissionen. Mit rund 45 % entstammt der Großteil der Emissionen des Sektors der Abwasserreinigung. Weitere 32 % der Emissionen entstammen der biologischen Abfallbehandlung. Etwa ein Fünftel der Emissionen des Sektors Abfall wird aus Abfalldeponien emittiert. Bei Deponien sind für die Klimabewertung ausschließlich die Methanemissionen relevant.

Die Berechnungen basieren auf den Angaben von Anlagenbetreibern in PRTR-Berichten¹ und den Daten aus der Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle. Für Anlagen, die aufgrund ihrer geringen Größe nicht berichtspflichtig sind, wurden die Emissionen geschätzt.

Tabelle 10: Treibhausgasemissionen des Sektors Abfall im Jahr 2021

IPCC-Sektor	Bezeichnung	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC/PFC SF ₆	Gesamt	Anteil %
		in Gg (1000 t) CO ₂ -Äquivalente					
	Gesamtemission NRW	190.261	7.118	3.317	3.129	203.826	100,0
5	Abfall	-	319	115	-	434	0,2
5A	Abfalldeponien	-	98	-	-	98	0,0
5B	Biologische Abfallbehandlung	-	104	35	-	139	0,1
5C	Abfallverbrennung	-	-	-	-	-	-
5D	Abwasserreinigung	-	116	80	-	197	0,1
5E	Sonstige	-	-	-	-	-	-

¹ Pollutant Release and Transfer Register (PRTR)

<https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/luft/emissionen/berichtspflichten/pollutant-release-and-transfer-register-prtr/>

2.3 Abschätzung der Unsicherheiten

Für die Inventarjahre 2009, 2012, 2015 und 2018 wurden Abschätzungen der Unsicherheiten durchgeführt.

Die Berechnungen basieren auf den Unsicherheiten der Emissionsberichte des Emissionshandels, auf Angaben des UBA zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren aus dem NIR (UBA 2019, 2020), des Thünen-Institutes (TI 2020) zu den Unsicherheiten im Bereich der Landwirtschaft sowie eigenen Abschätzungen der Unsicherheiten der Aktivitäts- und Emissionsdaten für NRW.

Für die in den Emissionsberichten des Emissionshandels ermittelten Emissionen muss von den Sachverständigen, die die Emissionsberichte prüfen, bestätigt werden, dass der Emissionsbericht keine wesentlichen Fehler enthält. Als wesentlich werden für die meisten Anlagen Fehler über 5 % betrachtet. Dieser Wert wird daher für die Unsicherheit des einzelnen Emissionsberichtes angenommen.

Für die übrigen Daten lassen sich sowohl für die Aktivitätsdaten als auch für die Emissionsfaktoren der einzelnen Treibhausgase der verschiedenen Sektoren deutliche Unterschiede feststellen. So sind beispielsweise die Emissionsfaktoren für CO₂ meist mit geringeren Unsicherheiten behaftet, als die Emissionsfaktoren für N₂O und CH₄. Auch die Aktivitätsdaten der Sektoren unterscheiden sich deutlich in ihren Unsicherheiten. Beispielsweise weist der Sektor Produktanwendung (Sektor 2D-H) relativ hohe Unsicherheiten auf, da die Daten über den Bevölkerungsanteil von den gesamtdeutschen Daten auf Nordrhein-Westfalen umgerechnet werden. Für die Sektoren können somit deutlich unterschiedliche Gesamtunsicherheiten basierend auf den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der Aktivitätsdaten festgestellt werden.

Tabelle 11: Gesamtunsicherheiten der bilanzierten Treibhausgase im Treibhausgas-Emissionsinventar NRW

Treibhausgas	Gesamtunsicherheit [%]	Gesamtemissionen 2018 [Gg CO _{2eq}]
Kohlendioxid (CO ₂)	1,86	244.198
Methan (CH ₄)	8,98	8.667
Distickstoffoxid (N ₂ O)	65,68	4.537
Fluorierte Verbindungen (HFC/PFC/SF ₆ /NF ₃)	49,16	3.755
Summe	2,22	261.158

Für das Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen, d. h. über alle Sektoren und Treibhausgase, lässt sich eine Gesamtunsicherheit von rund 2,2 % abschätzen. Aufgrund der vergleichsweise guten Datenlage beträgt die Gesamtunsicherheit für die ausgewiesenen CO₂-Emissionen lediglich etwa 1,9 %. Die Gesamtunsicherheit für die bilanzierten CH₄-Emissionen liegt bei etwa 9,0 %, für N₂O liegt die Gesamtunsicherheit des Inventars in der Größenordnung von 65,7 %. Eine ebenfalls recht hohe Gesamtunsicherheit von rund 49,2 %

weisen die fluorierten Verbindungen (HFC/PFC/SF₆/NF₃) im Treibhausgas-Emissionsinventar NRW auf (Tabelle 11).

Das UBA ermittelt für das nationale Treibhausgas-Emissionsinventar im Nationalen Inventarbericht (UBA 2020) eine Gesamtunsicherheit von 4,5 % für das Jahr 2018 und 5,4 % für den Trend. Der Unterschied zwischen der Unsicherheit des Treibhausgas-Emissionsinventars Nordrhein-Westfalen und dem bundesdeutschen Treibhausgas-Emissionsinventar ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass im Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen für circa 64 % der Emissionen auf Daten der Emissionsberichte zurückgegriffen wird, welche eine deutlich geringere Unsicherheit aufweisen als Daten anderer Quellen.

2.4 Entwicklung der Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2021

Die Erstellung einer konsistenten Zeitreihe der Treibhausgas-Emissionen seit 1990 auf einer einheitlichen Datenbasis ist nicht möglich, da die Emissionsberichte des Emissionshandels als wesentliche Basis des Treibhausgas-Emissionsinventars erst seit dem Jahr 2005 vorliegen. Für die vorhergehenden Jahre existiert jedoch ein Treibhausgas-Emissionsinventar für Nordrhein-Westfalen, 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 Nordrhein-Westfalen für die Jahre 1990 bis 2000 erarbeitet wurde. Es wurde vom WI im Auftrag des LANUV NRW um das Jahr 2005 ergänzt (WI 2005). Wichtigste Basis dieses Treibhausgas-Emissionsinventars 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.

Für die gesamte Zeitreihe werden die aktuellen Global Warming Potentials (GWP-Werte/siehe Tabelle 2) aus dem Fifth Assessment Report des IPCC (IPCC 2013) verwendet, so dass sich eine einheitliche Zeitreihe ab 1990 ergibt.

Insgesamt haben sich die Treibhausgasemissionen von 367,4 Mio. t CO_{2eq} im Jahre 1990 auf 217,3 Mio. t CO_{2eq} im Jahr 2021 um 40,9 % vermindert. Die CO₂-Emissionen wurden von 315,6 Mio. t im Jahre 1990 auf 204,6 Mio. t im Jahr 2021 reduziert. Das entspricht einer Reduktion von etwa 35 %. Die N₂O-Emissionen weisen im gleichen Zeitraum einen deutlichen Rückgang von 72,0 % auf, die CH₄-Emissionen haben sich sogar um etwa 82 % verringert. Die HFC/PFC/SF₆/NF₃-Emissionen sind um 28,4 % zurückgegangen. Der prozentuale Anteil dieser Gase an den Gesamtemissionen hat gegenüber 1990 jedoch zugenommen (Abbildung 11).

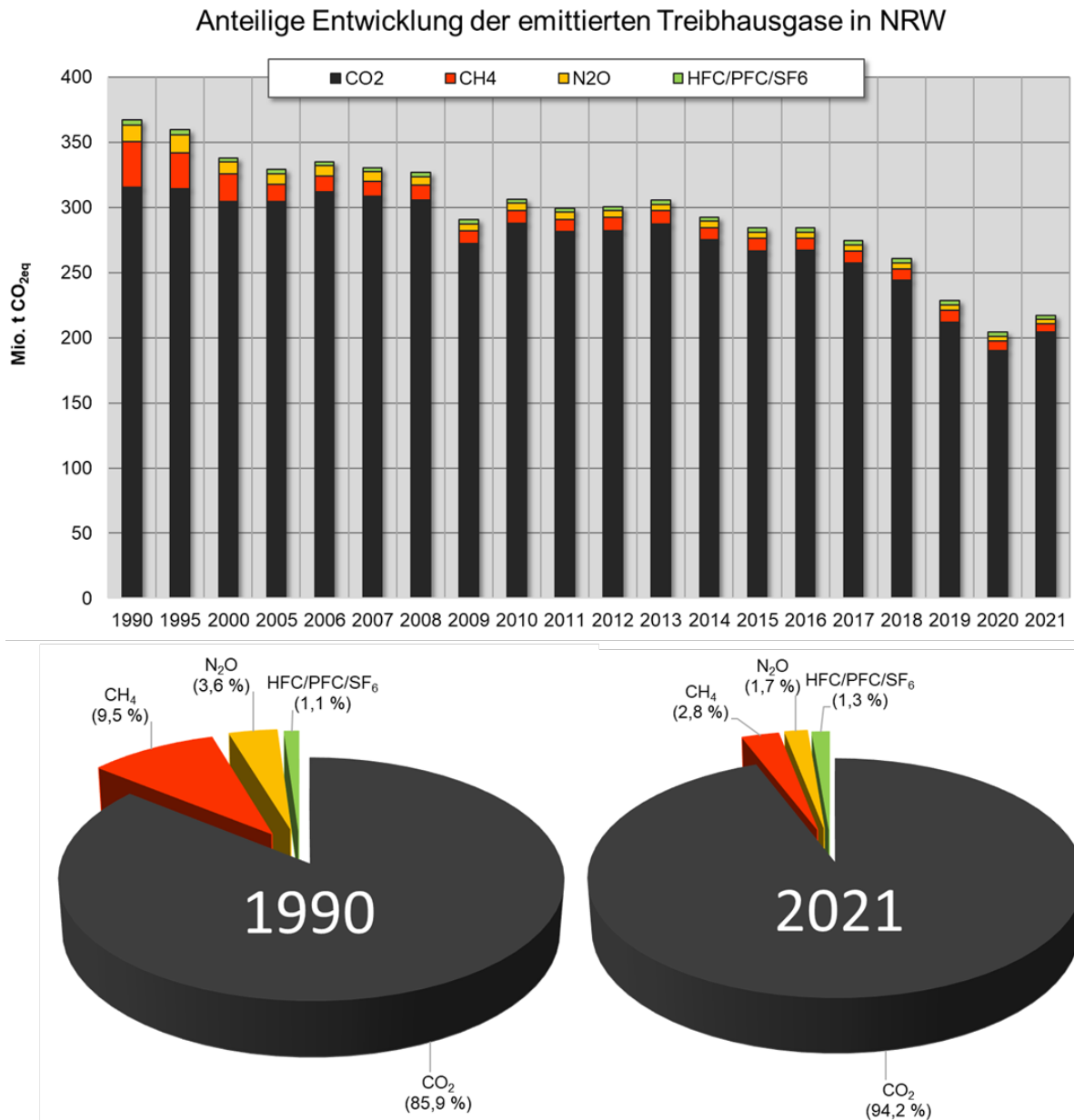


Abbildung 11: Prozentuale Verteilung der emittierten Treibhausgase in Nordrhein-Westfalen 1990 und 2021 (Quellen: Wuppertal Institut (WI 2005), LANUV NRW, eigene Darstellung)

Wesentliche Emissionsminderungen traten seit 1990 in den Sektoren Industrie, Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen und Abfall auf. Im Sektor Energiewirtschaft wurde nach zwischenzeitlichen Emissionssteigerungen erstmalig im Jahr 2015 das Niveau des Jahres 1990 deutlich unterschritten.

Der starke Rückgang der Treibhausgasemissionen im Jahr 2009 wurde durch die weltweite Finanz- und Wirtschaftskrise verursacht. Die Daten der folgenden Jahre 2010 bis 2013 lasen einen deutlichen Wiederanstieg erkennen. Erst im Jahre 2014 ist wieder eine merkliche Reduzierung der Emissionen festzustellen, die sich im Jahr 2015 fortsetzt. Erstmals unterschreiten die Emissionen den Jahreswert von 2009. Bleiben die Emissionen im Jahr 2016 weitestgehend auf dem Niveau des Vorjahres (+ 0,1 %), ist im Jahr 2017 eine deutliche Emissionsreduktion um rund 4 % gegenüber dem Jahr 2016 zu verzeichnen. Im Jahr 2018

setzt sich diese Entwicklung fort. Die Emissionen sinken um weitere 5 %. Auch im Jahr 2019 ist eine fortschreitende Emissionsminderung festzustellen, deren Ursache überwiegend in einem Rückgang der Emissionen im Sektor Energiewirtschaft durch eine geringere Auslastung der Kraftwerke und Stilllegung einzelner Kraftwerksblöcke liegt. Auch in der Industrie sind erstmals seit dem Jahr 2012 deutliche Emissionsminderungen zu verzeichnen, die auf konjunkturelle Einbußen zurückzuführen sind. Im Jahr 2020 setzt sich der Trend der Emissionsminderung aus den Vorjahren fort. Die Emissionen sinken konjunkturbedingt in Folge der Corona-Pandemie gegenüber dem Vorjahr um rund 11 %. Im Jahr 2021 ist eine Trendwende zu beobachten. Die Treibhausgas-Emissionen steigen in Nordrhein-Westfalen um 7 % gegenüber dem Vorjahr 2020. Obwohl die (energie-) wirtschaftliche Entwicklung in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021 weiterhin in hohem Maße durch die Corona-Pandemie und deren Auswirkungen geprägt war, sind insbesondere in den Sektoren Energiewirtschaft und Industrie Emissionssteigerungen zu verzeichnen. Der Großteil der Emissionssteigerungen ist dabei auf einen erhöhten Anteil von Braun- und Steinkohle im Energiemix zurückzuführen (DESTATIS 2022B).

Insgesamt steigen die Emissionen im Jahr 2021 um 7 % gegenüber dem Jahr 2020 an. In Bezug auf das Basisjahr 1990 ist im Jahr 2021 eine Emissionsreduktion von rund 41 % zu verzeichnen.

Abbildung 12 und Tabelle 13 stellen die Entwicklung der THG-Emissionen in Nordrhein-Westfalen nach Treibhausgasen bzw. Emissionssektoren dar.

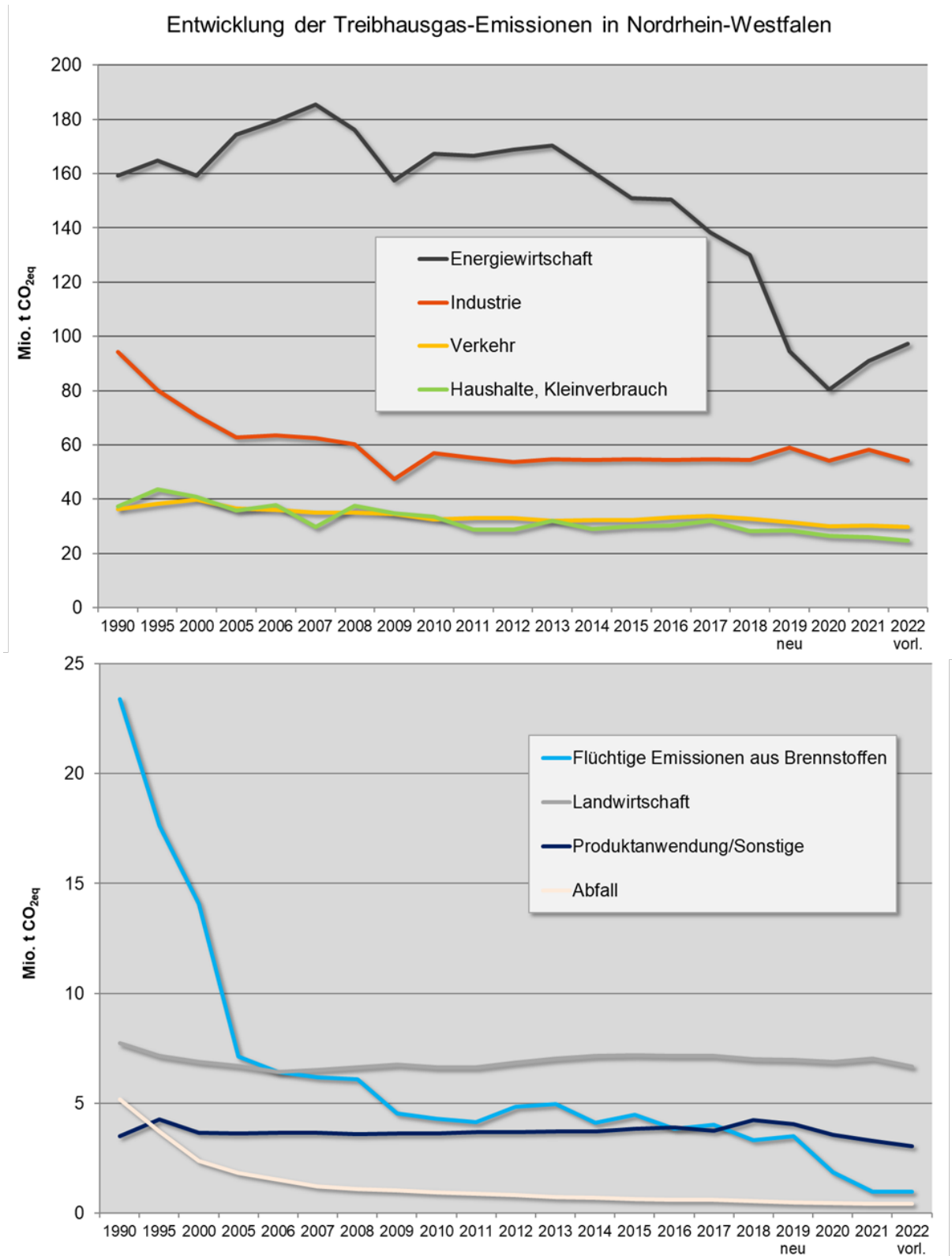


Abbildung 12: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen (Quellen: Wuppertal Institut (WI 2005), LANUV NRW, eigene Darstellung). In den Diagrammen sind die unterschiedlichen Skalierungen zu beachten

Im Einzelnen lässt sich die Emissionsentwicklung in den Sektoren seit 1990 wie folgt beschreiben:

2.4.1 Energiewirtschaft

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 teilweise mit dem relativ kohlenstoffarmen Brennstoff Erdgas betrieben werden. Die Emissionsentwicklung ist damit in diesem wichtigen Sektor plausibel und zeigt, dass die vom Wuppertal Institut für die Jahre 1990 bis 2000 auf Basis der Energiebilanz ermittelten Werte mit denen aus den Emissionsberichten ab 2005 verglichen werden können.

Seit dem Jahr 2010 bewegen sich die Emissionen der Energiewirtschaft im Bereich von etwa 170 Mio. t CO_{2eq} mit bis zum Jahr 2013 leicht steigender Tendenz. Im Jahr 2014 zeigt sich erstmals wieder eine (vorwiegend witterungsbedingte) Abnahme. Daneben ist aber in Nordrhein-Westfalen auch eine Reduzierung der Emissionen im Sektor Energiewirtschaft festzustellen, deren Ursache in einer insgesamt geringeren Auslastung der Kraftwerke und der Stilllegung einzelner Kraftwerksblöcke liegt. Im Jahr 2015 setzt sich diese Tendenz fort. Trotz kälterer Witterung nehmen die Emissionen der Energiewirtschaft in Nordrhein-Westfalen um ca. 6 % ab. Die Abnahme ist damit deutlich ausgeprägter als für Deutschland, für das das UBA eine Reduzierung von 3,4 % angibt (UBA 2017). Für das Jahr 2016 kann ein gleichbleibendes Niveau der Emissionen in der Energiewirtschaft konstatiert werden. Die Emissionen haben lediglich um 0,4 % abgenommen. Für die Bundesrepublik hat das UBA im gleichen Zeitraum eine Reduktion von 1,4 % ermittelt (UBA 2018).

Im Jahr 2017 sind die Emissionen der Energiewirtschaft erneut gesunken. Dabei werden die Emissionen in Nordrhein-Westfalen mit - 8 % im Vergleich zum Vorjahr deutlich stärker gesenkt als im bundesdeutschen Vergleich (- 0,7 %) (UBA 2019). Auch im Jahr 2018 ist eine fortschreitende Emissionsminderung im Sektor Energiewirtschaft festzustellen. Sowohl in Nordrhein-Westfalen als auch im Bundesgebiet sinken die Emissionen dieses Sektors um rund 6 % gegenüber dem Jahr 2017 (UBA 2020). Die Emissionsminderungen im Energiebereich resultieren im Wesentlichen aus dem Rückgang verbrennungsbedingter Emissionen im Sektor 1A1a Öffentliche Strom und Wärmeversorgung. Sie lässt sich mit einer Reduzierung der Kohleverstromung in Kraftwerken erklären, die entweder stillgelegt oder in die Sicherheitsbereitschaft überführt wurden. Mit den Kraftwerken Lünen und Elverlingsen, dem Heizkraftwerk Duisburg sowie zwei Blöcken des Kraftwerks Niederaußem gingen beispielsweise im Jahr 2018 Stein- und Braunkohlekraftwerke mit einer Feuerungswärmeleistung von insgesamt rund 4.572 MW vom Netz (BUNDESNETZAGENTUR 2021). Ferner wirkt sich die zunehmende Nutzung erneuerbarer Energiequellen aus.

Für die mittel- bis längerfristige Emissionsentwicklung im Sektor Energiewirtschaft sind der schrittweise Ausstieg aus der Kernenergie bis zum Ende des Jahres 2022, der geplante Ausstieg aus der Kohleverstromung (bis zum Jahr 2030) sowie die fortgesetzte Förderung des Ausbaus erneuerbarer Energien von Relevanz. Auf europäischer Ebene ist zudem u. a.

der lineare Emissions-Reduktionpfad von jährlich -2,2 % in der laufenden 4. Handelsperiode innerhalb des EU-ETS bedeutsam.

Im Jahr 2019 sind die Emissionen der Energiewirtschaft erneut deutlich gesunken. Zwischen 2018 und 2019 ist eine Emissionsminderung von 21,4 % zu verzeichnen. Mit den Kraftwerken Werne und Elberfeld sind 2019 beispielsweise zwei weitere Steinkohlekraftwerke endgültig stillgelegt worden; mit dem Heizkraftwerk 2 der Energieversorgung Oberhausen AG oder Block E des Heizkraftwerks Lausward gingen im selben Jahr auch zwei Erdgaskraftwerke vom Netz. Block C des Braunkohlekraftwerks Neurath wurde am 1. Oktober 2019 in die Sicherheitsbereitschaft überführt (BUNDESNETZAGENTUR 2021). Auf Bundesebene sind die Emissionen der Energiewirtschaft im gleichen Zeitraum um 15,4 % gesunken (UBA 2021A).

Im Jahr 2020 hält der langjährige, negative Emissionstrend der Energiewirtschaft an. Die Emissionen sind um weitere 14,9 % gesunken. Ursächlich hierfür ist der deutliche Rückgang der Braunkohleverstromung. Dies ging u. a. mit der Stilllegung des Blockes D im Kraftwerk Niederaußem einher (BUNDESNETZAGENTUR 2022). In der Steinkohleverstromung ist der Treibhausgasausstoß ebenfalls zurückgegangen, trotz der finalen Inbetriebnahme des Steinkohlekraftwerkes Datteln 4. Emissionsmindernd wirkten sich auch der erhöhte Einsatz erneuerbarer Energien, das Instrument des Europäischen Emissionshandels sowie der Rückgang des Bruttostromverbrauchs in Folge der Lockdown-Maßnahmen aus (UBA 2022A). Auf Bundesebene sind die Emissionen der Energiewirtschaft zwischen den Jahren 2019 und 2020 um einen vergleichbaren Prozentsatz (14,5 %) gesunken (UBA 2021A).

Nach dem deutlichen Emissionsrückgang der Vorjahre steigen die Treibhausgas-Emissionen der Energiewirtschaft im Jahr 2021 erstmals wieder an. Zwischen 2020 und 2021 ist mit rund 10,6 Mio. t CO₂eq eine Emissionssteigerung von 13,2 % zu verzeichnen. Auf Bundesebene sind die Emissionen der Energiewirtschaft im gleichen Zeitraum um 12,5 % gestiegen (UBA 2022b, 2023b). Der Sektor Energiewirtschaft hat damit in Nordrhein-Westfalen und deutschlandweit prozentual sowie in absoluten Zahlen mit Abstand die größten Emissionssteigerungen hinzunehmen. Das UBA (2023b) führt diese Emissionsentwicklung auf eine gestiegene Stromnachfrage bei gleichzeitig verstärkter Nutzung von Kohle zur Stromerzeugung zurück. Als ursächlich für die erhöhte Kohleverstromung ist eine geringere Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, insbesondere die witterungsbedingt geringere Windstromerzeugung, und der gestiegene Gaspreis anzusehen (AG Energiebilanzen e.V. 2022). Letzterer führte insbesondere in der zweiten Jahreshälfte zu einem Rückgang des Einsatzes von emissionsärmerem Erdgas (UBA 2023b). Die Emissionen der nordrhein-westfälischen Erdgas-Kraftwerke sind im Jahr 2021 im Vergleich zum Vorjahr um rund 22 % zurückgegangen. Im Gegenzug sind die Emissionen der Kohlekraftwerke im Bereich der öffentlichen Strom- und Wärmeerzeugung angestiegen: Braunkohlekraftwerke haben 2021 ein Plus von rund 24 % zu verzeichnen, Steinkohlekraftwerke eine Emissionssteigerung von rund 11 %. Insgesamt ist jedoch davon auszugehen, dass die wachstumsbedingten Emissionssteigerungen durch die Preisentwicklung auf den Energiemärkten sowie gestiegenen Preisen für Emissionszertifikate im europäischen Emissionshandelssystem gedämpft wurden. Die Einfuhrpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle als auch die Preise für CO₂-Emissionszertifikate haben sich im Jahr 2021 gegenüber dem Vorjahr mehr als verdoppelt (AG Energiebilanzen e.V. 2022).

2.4.2 Industrie

Die beachtliche Reduzierung der Emissionen im Sektor Industrie seit 1990 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 hin zum Dienstleistungsgewerbe in Nordrhein-Westfalen,
- Umstellung im Mix der eingesetzten Brennstoffe und zunehmender Einsatz von Ersatzbrennstoffen mit biogenem Anteil, beispielsweise in der Zementindustrie.

Die Emissionen im Sektor Industrie, insbesondere in der mineralischen, chemischen und Metallindustrie, spiegeln den Produktionsindex der Branche wider und sind stark an das Produktionsniveau gekoppelt. Wirtschaftlich war im Jahr 2021 eine Erholung von den Folgen der Corona-Pandemie spürbar. Ein Anstieg der Produktionsindices in Nordrhein-Westfalen gibt diese wirtschaftliche Entwicklung wider (INFORMATION UND TECHNIK NORDRHEIN-WESTFALEN 2021A-B, 2022A-B). Insbesondere die Eisen- und Stahlindustrie zeigt im Jahr 2021 eine deutliche Leistungssteigerung. Die aufholenden Konjunkturreffekte haben sich in Nordrhein-Westfalen auch auf die Treibhausgas-Emissionen ausgewirkt (Tabelle 12). Die Emissionen der Industrie steigen im Jahr 2021 um 7,6 % im Vergleich zum Vorjahr an. Mit 58,8 Mio. t CO_{2eq} lagen die Emissionen damit auf einem vergleichbaren Niveau wie im Jahr 2019. Auf Bundesebene sind die Emissionen der Industrie im gleichen Zeitraum um 4,3 % gestiegen (UBA 2022B, 2023B). Neben den positiven Konjunkturreffekten spielt bei der dargestellten Emissionsentwicklung, wie in der Energiewirtschaft, der vermehrte Einsatz fossiler Brennstoffe eine wichtige Rolle (UBA 2023B). Während in der Energiewirtschaft die gestiegenen Emissionen hauptsächlich auf einen verstärkten Einsatz von Braun- und Steinkohle zurückzuführen sind, stieg im Zuge der konjunkturellen Erholung die Nachfrage der Industrie nach Erdgas. Die Emissionen aus der Nutzung von Erdgas in Industriekraftwerken steigen zwischen den Jahren 2020 und 2021 um rund 21 % an.

Tabelle 12: Produktionsindices und einhergehende Emissionsveränderungen der Industriezweige in den Jahren 2020 und 2021

Sektor	Branche	Produktionsindex 2020	Produktionsindex 2021	Veränderung Emissionen ggü. 2020
1A2a/2C	Eisen und Stahl	75,4	85,1	▲ 13,1 %
1A2b/2C	Nichteisen-Metalle	75,4	85,1	▲ 5,1 %
1A2c/2B	Chemische Industrie	97,1	99,0	▲ 3,0 %
1A2d	Zellstoff, Papier, Druck	95,0	100,2	▼ -3,9 %
1A2e	Nahrungsmittelindustrie	104,3	96,3	▼ -4,6 %
1A2f/2A	Nichtmetallische Minerale	79,6	75,9	▲ 7,0 %

Die Emissionsentwicklung im Jahr fiel in den jeweiligen Industriezweigen unterschiedlich aus. Während in der Nahrungsmittel- (Sektor 1A2e) und Papierindustrie (Sektor 1A2d) Emissionsminderungen zwischen vier und fünf Prozent zu vermerken waren, stiegen die Emissionen

in den übrigen Branchen an. Die deutlichsten Emissionssteigerungen sind in der Stahlindustrie (Sektor 1A2a) zu verzeichnen (+13 %). In den übrigen Industriezweigen lagen die prozentualen Emissionssteigerungen zwischen fünf und sieben Prozent (Tabelle 12).

Für den Sektor Industrie (ohne Produktanwendungen) ergibt sich deutschlandweit zwischen 1990 und 2021 eine Emissionsminderung von rund 37 % (UBA 2022B). Für Nordrhein-Westfalen wurde eine vergleichbare Emissionsminderung von 38 % ermittelt.

2.4.3 Verkehr

Bei den Emissionen des Verkehrs, die mit einem Anteil von rund 90 % vom Straßenverkehr dominiert werden (Abbildung 13), zeigt sich bezogen auf das Jahr 1990 eine leicht fallende Tendenz. Nach einem fahrleistungsbedingten leichten Anstieg bis etwa zum Jahr 2000 sinken die Emissionen allmählich ab, wobei die Reduzierung zu einem Teil auf die Erhöhung des Biodiesel-Anteils am Kraftstoffverbrauch, einen Anstieg der Kraftstoffpreise sowie eine Verschiebung der Neuzulassungen zugunsten von Dieselfahrzeugen zurückzuführen ist. Die CO₂-Emissionen sind direkt vom Kraftstoffverbrauch abhängig. So macht sich in der Zeitreihe der allmählich sinkende spezifische Verbrauch der Kraftfahrzeuge bemerkbar. Durch technische Neuerung im Bereich der Katalysatoren sind auch die N₂O-Emissionen gegenüber 1990 deutlich gesunken. Zwischen 2007 und 2012 zeigte sich eine etwa gleichbleibende, ab 2016 sogar wieder eine leicht ansteigende Tendenz der Emissionen. Im Jahr 2018 sind die Emissionen im Verkehrssektor erstmalig wieder gesunken. Diese Emissionsentwicklung setzt sich auch in den Jahren 2019 und 2020 fort. Im aktuellen Berichtsjahr 2021 zeigen die Emissionen im Verkehrssektor einen konstanten Trend gegenüber dem Vorjahr. Die Emissionen verändern sich um 0,5 % bzw. 0,2 Mio. t CO_{2eq}. Damit liegen die Verkehrsemissionen im Jahr 2021 in Nordrhein-Westfalen rund 6,1 Mio. t CO_{2eq} bzw. 16,7 % unter dem Emissionsniveau des Jahres 1990. Im bundesdeutschen Vergleich sind die Emissionen im Verkehr zwischen den Jahren 2020 und 2021 um rund 1,0 % gestiegen, liegen damit aber weiterhin rund 10 % unterhalb des Wertes von 1990 (UBA 2022B, 2023B).

Sowohl der Fahrzeugbestand als auch die Emissionen des Straßenverkehrs weisen in Nordrhein-Westfalen im Verlauf des Jahres 2021 nur geringe Veränderungen auf. Zwischen dem 01. Januar 2021 und dem 01. Januar 2022 erhöht sich der Fahrzeugbestand in Nordrhein-Westfalen um 0,6 % (KRAFTFAHRZEUGBUNDESAMT 2021, 2022). Zeitgleich sind Emissionsminderungen von 0,1 % zu verzeichnen. Bundesweit erhöhen sich die Straßenverkehrsemissionen im Jahr 2021 um etwa 1,2 %. Nach Angaben des UBA (2022) sind auch in diesem Sektor die Folgen der Corona-Pandemie weiterhin ausschlaggebend für die beobachtete Emissionsentwicklung. Absatzzahlen für Kraftstoffe und Daten von Zählstellen an Autobahnen und Bundesstraßen zeigen, dass der Pkw-Verkehr auch im Jahr 2021 weiter niedriger war, als vor der Corona-Pandemie (2019). Seit 1990 sind die Emissionen des Straßenverkehrs in Nordrhein-Westfalen um rund 18,7 % zurückgegangen. Langfristige Ursachen für die bilanzierten Emissionsminderungen sind in motortechnischen Verbesserungen infolge der kontinuierlichen Verschärfung der zulässigen Abgaswerte zu suchen sowie in geringem Umfang die höhere Beimischung von Biokraftstoffen. Im Jahr 2021 war zudem erneut ein Anstieg der Neuzulassungen von Hybrid- und Elektrofahrzeugen zu verzeichnen. Der Bestand von Plug-in-Hybriden erhöhte sich in Nordrhein-Westfalen um rund 61 %. Die Anzahl an Elektrofahrzeugen stieg um rund 69 % (KRAFTFAHRZEUGBUNDESAMT 2021, 2022).



Abbildung 13: Die Emissionen des Straßenverkehrs dominieren den Verkehrssektor. Der größte Anteil der Emissionen entfällt mit 17,6 Mio. t CO₂eq auf Personenkraftwagen, gefolgt von Last- und Sattelzügen mit 5,0 Mio. t CO₂eq (Quelle: LANUV NRW/Michael Kwiatek)

Wiederholt sind in Nordrhein-Westfalen die größten Emissionsminderungen im Bereich der Busse zu verzeichnen. Zwischen den Jahren 2020 und 2021 haben sich die Emissionen aus dieser Fahrzeugkategorie um 23,3 % reduziert, obwohl der Bestand an Kraftomnibussen gemäß KRAFTFAHRZEUGBUNDESAMT (2021, 2022) in NRW zwischen 2020 und 2021 um 5 % zugenommen hat. Gemäß dem STATISTISCHEN BUNDESAMT (2022) waren bedingt durch die Corona-Pandemie im Jahr 2021 nochmals weniger Fahrgäste im Linienverkehr mit Bussen und Bahnen unterwegs als Jahr 2020. War für leichte Nutzfahrzeuge im Jahr 2020 noch eine erhebliche Emissionssteigerung zu verzeichnen, halten sich die Emissionen aus dieser Fahrzeugkategorie im Jahr 2021 konstant. Ähnlich verhält sich die Emissionsentwicklung der Sattelzugmaschinen mit einer Emissionszunahme von 0,8 %. Die Emissionen der Krafträder waren im Vorjahr deutlich gesunken und zeigen im Jahr 2021 einen konstanten Trend. Dagegen sind die Emissionen der Lastkraftwagen in geringem Umfang um rund 2 % gestiegen. Der Bestand an Krafträdern hat sich im Berichtszeitraum um rund 2 % erhöht, die Anzahl an Lastkraftwagen hat in NRW um rund 5 % zugenommen. Die Anzahl gemeldeter Sattelzugmaschinen ist zwischen 2020 und 2021 um rund 3 % gestiegen (KRAFTFAHRZEUGBUNDESAMT 2021, 2022).

Der Fahrzeugbestand in Nordrhein-Westfalen zeigt auch im Jahr 2021 einen positiven Trend und die geschilderten Emissionsminderungen im Bereich Straßenverkehr spiegeln sich nicht in den Bestandszahlen des Kraftfahrzeugbundesamtes wider. Der Bestand an Personenkraftwagen ist im Jahr 2021 in Nordrhein-Westfalen leicht um rund 0,6 % gestiegen. Mit

Stand 1. Januar 2022 waren in Nordrhein-Westfalen 10.422.671 Personenkraftwagen zugelassen (KRAFTFAHRZEUGBUNDESAMT 2022). Trotz der gestiegenen Fahrzeugbestandszahlen sowie einer seit Jahren stetig zunehmenden durchschnittlichen Motorleistung, sind die Gründe für die bilanzierten Emissionsminderungen insbesondere in einer pandemiebedingten Verminderung der Fahrleistungen als auch in motortechnischen Verbesserungen infolge der kontinuierlichen Verschärfung der zulässigen Abgaswerte sowie durch verbesserte Kraftstoffqualitäten zu suchen.

Im Jahr 2021 sind beim Flugverkehr weiterhin Auswirkungen der Corona-Pandemie zu beobachten. Die Emissionen dieses Subsektors steigen in Nordrhein-Westfalen im Vergleich zum Vorjahr leicht um rund 15 %. Bundesweit gingen die Emissionen des nationalen Flugverkehrs um 27 % zurück (UBA 2022B). Die Passagierzahlen an den NRW-Flughäfen zeigten nach dem massiven Rückgang im Jahr 2020 eine leichte Erholung und stiegen um rund 31 %. Der Anstieg der Passagierzahlen rangierte dabei zwischen 18 % (Düsseldorf) und 105 % Niederrhein (Weeze) (DESTATIS 2021, 2022A). Gemäß den Angaben des UBA erfolgten im Jahr 2021 wieder mehr Flüge ins Ausland, die Zahl der Inlandsflüge nahm dagegen weiter ab (UBA 2023C). Im Bereich des Frachtaufkommens setzte sich der positive Trend aus der zweiten Jahreshälfte des Jahres 2020 fort. Die Tonnagen der verladenen Fracht steigen um rund 15 % und übersteigen im Berichtsjahr 2021 sogar das Niveau der Jahre 2019 und 2018 (DESTATIS 2021, 2022).

Die Entwicklung des Güterverkehrs zeigt in Nordrhein-Westfalen eine negative Tendenz. Der Güterumschlag ist zwischen 2000 und 2016 um rund 21 % zurückgegangen. Dies trifft insbesondere den innerdeutschen Güterverkehr (VM NRW 2019). Im Berichtsjahr 2021 sind die Emissionen im Schieneverkehr erstmalig seit dem Jahr 2014 leicht gestiegen. In Summe aller Treibhausgase war ein Anstieg von rund 116.000 t CO_{2eq} um 9 % auf ca. 127.000 t CO_{2eq} zu verzeichnen.

Die Emissionen im Schiffsverkehr sind im Jahr 2021 im Vergleich zum Vorjahr um 5,2 % angestiegen. Dieser positive Trend entspricht auch der bundesweiten Entwicklung in der Güterverkehrsleistung in der Binnenschifffahrt. Im Gesamtverkehr war hier ein Zuwachs von 3,8 % zwischen den Jahren 2020 und 2021 zu verzeichnen (INFORMATION UND TECHNIK NORDRHEIN-WESTFALEN 2021C, DESTATIS 2022C).

2.4.4 Haushalte und Kleinverbraucher

Die Emissionen der Haushalte und Kleinverbraucher werden zum großen Teil vom Raumwärme- und Warmwasserbedarf geprägt, so dass sich in den Werten in besonderem Maße der Wärmebedarf der jeweiligen Jahre aufgrund der Witterung widerspiegelt. Außerdem spielt insbesondere beim Heizöl auch das Kaufverhalten eine wichtige Rolle, da beim Öl in der Energiebilanz nicht der jährliche Verbrauch, sondern die verkaufte Menge bilanziert wird (Abbildung 14).

Erheblichen Einfluss auf die Emissionsentwicklung dieses Sektors im Jahr 2021 hatten die gegenüber 2020 deutlich kühleren Außentemperaturen. Besonders in den Monaten Januar bis Mai sowie von Oktober bis Dezember und damit in den für die Heizperiode wichtigen Zeiträumen war es deutlich kühler als im Vorjahr. Mit 3.176 Gradtagen an der Klimastation Düsseldorf lag die Zahl der Gradtage im Jahr 2021 über dem Niveau des langjährigen Durchschnitts (Institut Wohnen und Umwelt, 2023). Die höhere Anzahl von Tagen mit einer Heizgrenztemperatur unter 15°C weist grundsätzlich auf ein niedrigeres durchschnittliches Temperaturniveau im Berichtsjahr und eine damit verbundene Steigerung des Energiebedarfs (insbesondere zur Beheizung von Wohnräumen) hin (AG ENERGIEBILANZEN 2022).



Abbildung 14: Die Emissionen im Sektor Haushalte und Kleinverbrauch werden zum großen Teil vom Raumwärme- und Warmwasserbedarf geprägt. Im Jahr 2021 lagen die Emissionen dieses Sektors bei 26,1 Mio. t CO₂eq (Quelle: AdobeStock/E. Schittenhelm, AdobeStock/marcjohn.de)

Der Erdgasverbrauch in Deutschland nahm im Jahr 2021 nach Angaben der AG ENERGIEBILANZEN (2022) um 4,9 % zu. Die Steigerung des Erdgasverbrauchs betrug bei privaten Haushalten (einschließlich der sie mit Raumwärme und Warmwasser versorgenden Wohnungsgesellschaften) 13,1 %. Es ist davon auszugehen, dass die Steigerung des Erdgasverbrauchs, neben dem Witterungseffekt, durch einen weiteren Zubau von Wohnungen forciert wurde, die direkt mit Erdgas beheizt werden (AG ENERGIEBILANZEN 2022). Mit 12,5 % nahm der Erdgasverbrauch im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ebenfalls zu. In diesem Bereich dürften auch konjunkturelle Effekte nach der Corona-Pandemie zur Steigerung des Erdgasverbrauchs beigetragen haben. Der Erdgasverbrauch in Deutschland war damit so hoch wie zuletzt in den Jahren 2005/2006 (AG ENERGIEBILANZEN 2022).

Der Absatz von leichtem Heizöl entwickelte sich mit einer Abnahme von rund 30 % deutlich negativ. Diese Entwicklung dürfte nach Angaben der AG ENERGIEBILANZEN (2022) ange-

sichts der verglichen mit dem Vorjahr deutlich kühleren Witterung weniger auf „echte“ Verbrauchssenkungen durch weiter fortschreitende Effizienzverbesserungen zurückzuführen sein. Vielmehr ist davon auszugehen, dass in Anbetracht der im Verlauf des Jahres 2021 stark gestiegenen Verbraucherpreise für leichtes Heizöl vor allem vorhandene Heizölbestände abgebaut wurden. Im Jahr 2020 war bei niedrigen Preisen eine Aufstockung der Heizölbestände bei den privaten Haushalten erfolgt (AG ENERGIEBILANZEN 2022). Die Emissionen im Sektor Haushalte und Kleinverbrauch zeigen in Nordrhein-Westfalen zwischen den Jahren 2020 und 2021 einen weitestgehend konstanten Verlauf (-1,3 %). Seit dem Basisjahr 1990 ist in diesem Sektor eine Emissionsminderung von 30,1 % zu verzeichnen. Auf Bundesebene sind die Emissionen der privaten Haushalte im gleichen Zeitraum um 36,8 % gesunken. Im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistung ist im Bund seit 1990 eine Emissionsminderung von 49,2 % dokumentiert (UBA 2022B).

2.4.5 Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen

Im Sektor flüchtige Emissionen aus Brennstoffen sind in Nordrhein-Westfalen seit dem Jahr 1990 deutliche Emissionsminderungen um ca. 95,9 % zu verzeichnen. Auch bundesweit sind die Emissionen im gleichen Zeitraum um rund 99,5 % gesunken. Hier spielt der Rückgang der Grubengasemissionen (Methan) aus aktiven Steinkohlezechen aufgrund der zahlreichen Stilllegungen eine entscheidende Rolle. Im Dezember 2018 wurde auf der Zeche Prosper Haniel die Förderung auf der letzten Steinkohlezeche Deutschlands eingestellt. Auch nach der Stilllegung eines Bergwerks kann aus dem Nebengestein und der noch anstehenden Kohle Methan in die Grubenbaue entweichen und durch das Deckgebirge sowie durch Schachtanlagen zu Tage dringen (UBA 2022A). Neben den Emissionen aus festen Brennstoffen zählen zu diesem Sektor auch Emissionen aus der Öl- und Gaswirtschaft. Bis zum Ende des Steinkohlebergbaus war dieser Subsektor von untergeordneter Bedeutung. Noch im Jahr 2019 waren die Emissionen aus dem Steinkohlebergbau höher als aus der Öl- und Gaswirtschaft. Dieses Verhältnis hat sich im Berichtsjahr 2020 umgekehrt. Im Jahr 2021 entstammen in Nordrhein-Westfalen der Öl- und Gaswirtschaft 0,6 Mio. t CO_{2eq}. Rund 0,4 Mio. t CO_{2eq} entfallen auf den Steinkohlenbergbau. In der Ölwirtschaft entstehen vor allem CO₂-Emissionen wohingegen in der Gaswirtschaft ausschließlich CH₄-Emissionen entstehen. Diese dominieren auch die Gesamtemissionen des Subsektors 1B2 Öl und Erdgas. Im Vergleich zum Vorjahr 2020 sind die flüchtigen Emissionen aus Brennstoffen um 49,3 % zurückgegangen. Diese Emissionsreduktion ist nahezu ausschließlich im Bereich der Gaswirtschaft (1B2b) aufgetreten. Damit sind die Emissionen in der Öl- und Gaswirtschaft (1B2) gegenüber dem Basisjahr 1990 um 79,0 % zurückgegangen. Im Bereich der Emissionen aus festen Brennstoffen (1B1) ist seit 1990 eine Emissionsminderung von 98,3 % zu verzeichnen.

2.4.6 Produktanwendungen/ Sonstige

Im Bereich Produktanwendung/Sonstige ist eine Substitution besonders klimaschädlicher Gase durch weniger klimawirksame zu verzeichnen. Dem stehen der vermehrte Einbau von Pkw-Klimaanlagen und die gestiegene Anzahl von installierten stationären Anlagen für Gewerbe- und Industriekälte sowie Gebäude- und Raumklimatisierung gegenüber. Die Emissionen dieses Sektors zeigen zwischen 1990 und 2018 einen positiven Trend. Im Berichtsjahr 2020 haben die Emissionen erstmals wieder das Niveau des Basisjahres 1990 erreicht. Im

Jahr 2021 sind die Emissionen gegenüber dem Vorjahr erneut gesunken. Es ist eine Emissionsminderung von 7 % zu verzeichnen. Auf Bundesebene sind die Emissionen dieses Sektors im gleichen Zeitraum um rund 3,4 % gesunken (UBA 2022B). Seit dem Basisjahr 1990 haben sich die Emissionen im Sektor Produktanwendung/Sonstige in Deutschland um 38,7 % vermindert ((UBA 2022B).

2.4.7 Landwirtschaft

Im Sektor Landwirtschaft zeigt sich über die Zeit eine moderat negative Emissionsentwicklung. Die Gesamtemissionen aus der Landwirtschaft sanken von 7,7 Mio. t CO_{2eq} im Jahr 1990 auf rund 6,4 Mio. t CO_{2eq} im Jahr 2006. Nach einem Emissionsanstieg um insgesamt bis zu 700.000 t CO_{2eq} bis ins Jahr 2015, ist erneut eine kontinuierliche Reduktion der Emissionen dieses Sektors zu beobachten (Abbildung 15). Im Jahr 2021 liegen die Landwirtschaftsemissionen bei 7,0 Mio. t CO_{2eq}. Insgesamt ergibt sich von 1990 bis 2021 im Sektor Landwirtschaft eine Emissionsminderung von 13,1 %. Im Vergleich zum Vorjahr sind die Landwirtschaftsemissionen in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021 um etwa 2,5 % gesunken. Auch im bundesdeutschen Vergleich sind die Landwirtschaftsemissionen zwischen 2020 und 2021 um 2,0 % gesunken (UBA 2022B).

Die bilanzierten Emissionsminderungen sind dem Thünen Report (TI 2022) folgend einer Abnahme der Methanemissionen aus Verdauungsvorgängen sowie der Güllewirtschaft und einer Abnahme der Lachgas-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden zuzuschreiben. Ursächlich ist überwiegend ein Rückgang der Tierzahlen in der Viehhaltung. Ab Mitte der 2000er Jahre ist dieser Rückgang insbesondere auf die begrenzende Wirkung der Milchquotenregelung zurückzuführen. Die Aufhebung der Milchquotenregelung im Jahr 2015 hat einen entsprechenden Wiederanstieg der Emissionen zur Folge. Emissionssteigernd wirkt sich auch die Zunahme der Milchleistung aus. Emissionszunahmen sind zudem im Bereich landwirtschaftlich genutzter Böden durch die Vergärung von Energiepflanzen, durch Kalkung sowie aus Harnstoffanwendungen zu verzeichnen. Obwohl der zunehmende Einsatz von Wirtschaftsdüngern (Gülle und Mist) in Biogasanlagen zu einer Reduzierung der Methanemissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung beigetragen hat, führte eine vermehrte Stickstoffdüngung ab Mitte der 2000er Jahre zu einem Anstieg der Treibhausgasemissionen. Dies liegt vor allem in der Ausbringung zunehmend größerer Gärrestmengen (u. a. Energiepflanzen) und einem steigenden Harnstoffanteil begründet. Der Rückgang der Emissionen ab 2015 ist sowohl auf einen Rückgang der Tierzahlen als auch auf einen Rückgang des Einsatzes synthetischer Dünger zurückzuführen (TI 2022).

Allgemein lassen sich die Emissionsveränderungen von 2020 nach 2021 wie folgt beschreiben:

Die im Vergleich zum Vorjahr gesunkenen Emissionen gehen auf Rückgänge aus der Verdauung und der Nutzung landwirtschaftlicher Böden zurück. Die Emissionen aus der Tierhaltung sind im Vergleich zum Vorjahr um 2,6 % zurückgegangen. Die Emissionen aus der Bodennutzung weisen einen Rückgang von 2,3 % auf. Im Bereich der Verdauung ist dies vor allem auf niedrigere Tierzahlen zurückzuführen. Deutschlandweit sanken die Rinderzahlen um 2,3 %, die Schweinezahlen um 9,2 % (UBA 2022). Bei der Bodennutzung sind die Emissionsminderungen auf die Abnahme ausgebrachter Mengen synthetischer Dünger in Folge verschärfter Vorschriften für die Harnstoffausbringung zurückzuführen (TI 2022). Eine ver-

minderte Kalkung führte ebenfalls zu einem Rückgang der Treibhausgasemissionen (-9,5 %). CO₂-Emissionen aus der Anwendung von Harnstoff sind zwischen den Jahren 2020 und 2021 um 7,8 % gesunken (TI 2023).

Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft

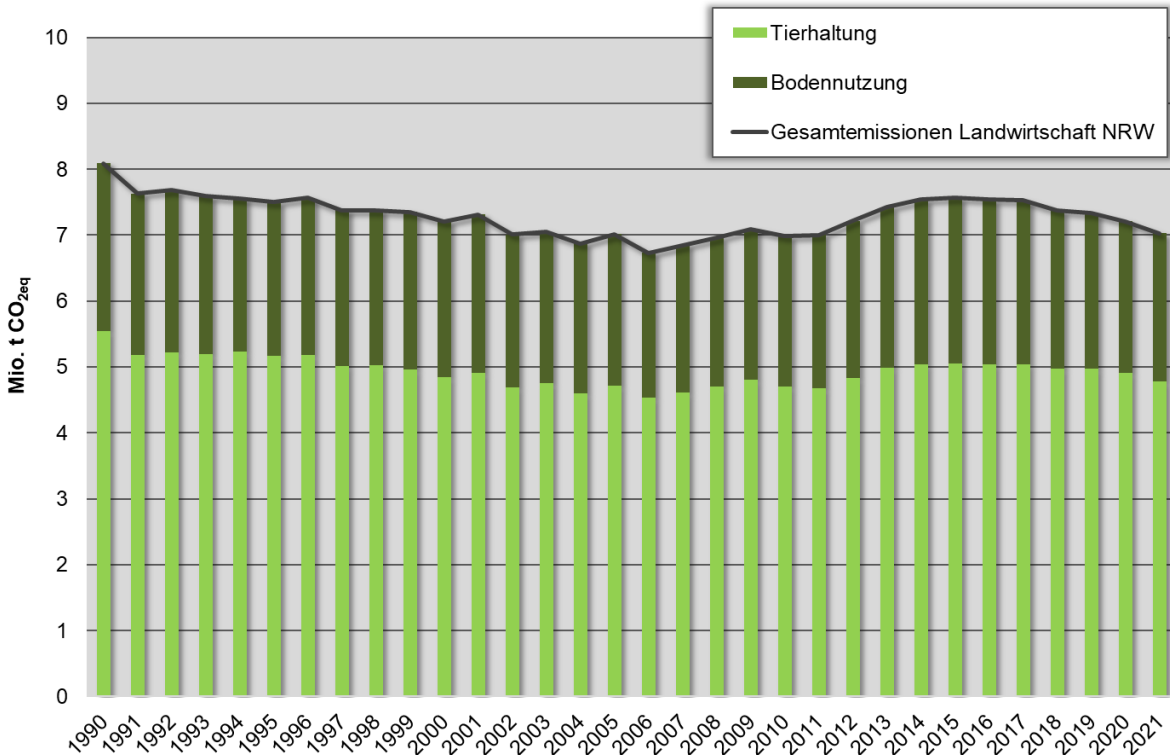


Abbildung 15: Zeitreihe der Emissionen des Sektors Landwirtschaft der Jahre 1990 bis 2021 differenziert nach Emissionen aus der Tierhaltung (hellgrün) und der Bodennutzung (dunkelgrün). Quelle: TI 2023

2.4.8 Abfall

Im Sektor Abfall sind seit 1990 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. Darunter fallen unter anderem das verstärkte Recycling wiederverwertbarer Stoffe sowie die mechanisch-biologische Abfallbehandlung biologisch abbaubarer Abfälle, was zu einer deutlichen Verringerung der jährlich deponierten Abfallmengen und damit Minderung an Deponiegasen geführt hat. Seit 1990 haben sich die Emissionen dieses Sektors bundesweit um 89,1 % reduziert (UBA 2023c). In Nordrhein-Westfalen sind die Emissionen 2021 im Vergleich zum Jahr 1990 um rund 91,6 % gesunken. Auch bezogen auf das Jahr 2020 ist eine Emissionsminderung im Abfallbereich für das Berichtsjahr 2021 um etwa 4,8 % zu verzeichnen. Bundesweit ist seitens des UBA (2023c) für den gleichen Zeitraum eine Emissionsminderung von 8,3 % dokumentiert. Der Emissionstrend wird hier im Wesentlichen durch die sinkenden Emissionen aus der Abfalldeponierung infolge des Verbots der Deponierung organischer Abfälle bestimmt (UBA 2022, 2023c).

2.4.9 Zeitreihe der Treibhausgasemissionen

In der nachfolgenden Tabelle 13 ist die Zeitreihe der Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2021 dargestellt. Bei der Betrachtung ist zu berücksichtigen, dass es aus Gründen der Datenverfügbarkeit Lücken in der Zeitreihe gibt. Ab dem Jahr 2005 ist die Zeitreihe ununterbrochen.

Tabelle 13: Zeitreihe der Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen nach Sektoren (Quellen: Wuppertal Institut (WI 2005) und LANUV NRW)

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
in Gg (1.000 t) CO ₂ -Äquivalente											
Energiewirtschaft	159.368	164.793	159.174	174.393	179.440	185.586	176.223	157.578	167.249	166.637	168.925
Industrie	94.345	80.144	70.790	62.670	63.462	62.398	60.275	47.456	56.986	55.292	53.560
Verkehr	36.221	38.299	39.842	36.663	36.133	35.077	34.996	34.476	32.617	33.034	33.058
Haushalte / Kleinverbrauch	37.272	43.590	40.894	35.715	37.846	29.658	37.500	34.776	33.420	28.648	28.602
Fl. Emissionen aus Brennstoffen	23.386	17.648	14.060	7.117	6.411	6.175	6.076	4.549	4.306	4.141	4.834
Produktanwendungen / Sonstige	3.506	4.266	3.642	3.617	3.655	3.642	3.579	3.618	3.620	3.689	3.696
Landwirtschaft	8.088	7.499	7.213	7.016	6.731	6.845	6.956	7.095	6.983	7.003	7.214
Abfall	5.182	3.724	2.360	1.819	1.517	1.220	1.086	1.023	936	871	811
Gesamtemissionen	367.368	359.963	337.974	329.010	335.196	330.600	326.690	290.571	306.117	299.315	300.702

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022 vorl.
in Gg (1.000 t) CO ₂ -Äquivalente										
Energiewirtschaft	170.259	160.896	150.925	150.376	138.277	130.072	94.506	80.378	90.831	97.256
Industrie	54.576	54.468	54.654	54.442	54.692	54.510	58.847	54.272	58.423	54.569
Verkehr	31.890	32.248	32.260	33.363	33.654	32.665	31.422	30.014	30.093	29.649
Haushalte / Kleinverbrauch	31.984	29.012	29.876	30.268	31.945	28.266	28.509	26.407	25.536	24.679
Fl. Emissionen aus Brennstoffen	4.967	4.118	4.463	3.827	4.012	3.327	3.490	1.870	1.870	949
Produktanwendungen / Sonstige	3.709	3.712	3.839	3.883	3.752	4.223	4.034	3.549	3.311	3.050
Landwirtschaft	7.426	7.543	7.567	7.542	7.530	7.369	7.332	7.210	7.028	6.578
Abfall	727	696	633	598	604	540	495	456	450	426
Gesamtemissionen	305.539	292.692	284.218	284.299	274.466	260.971	228.636	204.155	217.264	217.155

2.5 Entwicklung der Treibhausgasemissionen der emissionshandelspflichtigen Anlagen (EU-ETS) in Nordrhein-Westfalen

Der überwiegende Anteil an den Emissionen in NRW entsteht in emissionshandelspflichtigen Anlagen (DEHST 2022). Im Jahr 2021 entfielen mit rund 140 Mio. t CO_{2eq} circa 64 % der Gesamtemissionen auf Anlagen des europäischen Emissionshandels (EU-ETS). Somit werden knapp zweidrittel aller in Nordrhein-Westfalen entstehenden Emissionen durch das Instrument des europäischen Emissionshandels erfasst.

In Nordrhein-Westfalen waren im Jahr 2021 469 Anlagen berichtspflichtig. Die Mehrzahl der emissionshandelspflichtigen Anlagen gehört der chemischen Industrie sowie der öffentlichen Strom- und Wärmeversorgung an. Im Jahr 2021 wurden 132 Anlagen dem Sektor 1A2c (chemische Industrie) und 119 Anlagen dem Sektor 1A1a (Öffentliche Strom- und Wärmeversorgung) zugerechnet (DEHST 2022). Zusammen repräsentieren diese beiden Sektoren mehr als 50 % der hiesigen EU-ETS-Anlagen. Weitere bedeutende Sektoren sind in Nordrhein-Westfalen mit 61 Anlagen die mineralverarbeitende Industrie sowie mit 54 Anlagen die Stahlindustrie (Tabelle 14).

Tabelle 14: Anzahl sowie Emissionen der emissionshandelspflichtigen Anlagen in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2020 (DEHST 2022)

IPCC-Sektor	Bezeichnung	Anzahl Anlagen	CO _{2eq} in Gg (1000 t)	Anteil %
1A1	Energiewirtschaft	143	85.657	61,3
1A1a	Öffentl. Strom- u. Wärmeversorgung	119	75.995	54,4
1A1b	Raffinerien	4	7.255	5,2
1A1c	Herstellung fester Brennstoffe/ sonstige Energieindustrie	20	2.407	1,7
1A2	Industrie	326	54.149	38,7
1A2a	Eisen und Stahl	54	27.147	19,4
1A2b/2C	Nichteisen-Metalle	17	1.370	1,0
1A2c/2B	Chemische Industrie	132	13.363	9,6
1A2d	Zellstoff, Papier, Druck	27	1.245	0,9
1A2e	Nahrungsmittelindustrie	19	806	0,6
1A2f	Nichtmetallische Minerale	61	10.040	7,2
1A2m	Sonstige	16	178	0,1
Gesamt VET		469	139.806	100

Seit Beginn des Emissionshandels im Jahr 2005 sind die Emissionen der emissionshandelspflichtigen Anlagen um rund 41 % gesunken. Emissionsminderungen sind auf Grund effizienzsteigernder Maßnahmen sowie einer verminderten Verbrennung fossiler Rohstoffe überwiegend im Bereich der Wärmeerzeugung zu finden, während Industriezweige wie Eisen- und Stahl oder die Papierbranche über viele Jahre einen Zuwachs an Emissionen aufwiesen.

In der dritten Handelsperiode sind die Emissionen um rund 90 Mio. t CO_{2eq} gesunken, d. h. im Jahr 2020 lagen die Emissionen der emissionshandelspflichtigen Anlagen in Nordrhein-Westfalen um etwa 42 % unterhalb des Wertes von 2013 (Abbildung 16). Im Jahr 2020 emit-

tierten die knapp 500 in Nordrhein-Westfalen erfassten EU-ETS-Anlagen rund 125 Mio. t CO_{2eq}. Dabei wurden rund 56 % der Emissionen, d. h. rund 70 Mio. t CO_{2eq} von Kraftwerken, Heizkraftwerken und Heizwerken der öffentlichen Strom- und Wärmeversorgung verursacht. Weitere rund 17 Mio. t CO_{2eq} gingen zu Lasten der Eisen- und Stahlindustrie (Tabelle 14). Große Emissionsmengen entstanden zudem mit rund 13 Mio. t CO_{2eq} im Bereich der chemischen Industrie sowie mit rund 9 Mio. t CO_{2eq} bei der Verarbeitung Nicht-Metallischer Minerale (u. a. Zement, Kalk, Glas).

Im Jahr 2021 hat die vierte Handelsperiode des europäischen Emissionshandels begonnen. Die in Nordrhein-Westfalen vom Emissionshandel erfassten Anlagen hatten im Jahr 2021 einen Emissionsanstieg zu verzeichnen: Mit rund 139,8 Mio. t CO_{2eq} lagen die Emissionen um rund 12 % über dem Vorjahreswert. Ursächlich für diese Entwicklung war vor allem ein Anstieg der Emissionen bei der Stromerzeugung um 14 %, während bei den Emissionen der Industrieanlagen ein Anstieg um rund 8 % gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen war. Im aktuellen Berichtsjahr entstehen rund 54 % der Emissionen, d. h. rund 76 Mio. t CO_{2eq} in Kraftwerken, Heizkraftwerken und Heizwerken der öffentlichen Strom- und Wärmeversorgung. Weitere große Emissionsmengen gehen mit rund 27 Mio. t CO_{2eq} zu Lasten der Eisen- und Stahlindustrie sowie mit rund 13 Mio. t CO_{2eq} zu Lasten der chemischen Industrie (Tabelle 14). Weitere 10 Mio. t CO_{2eq} sind der Verarbeitung Nicht-Metallischer Minerale (u. a. Zement, Kalk, Glas) zu zurechnen.

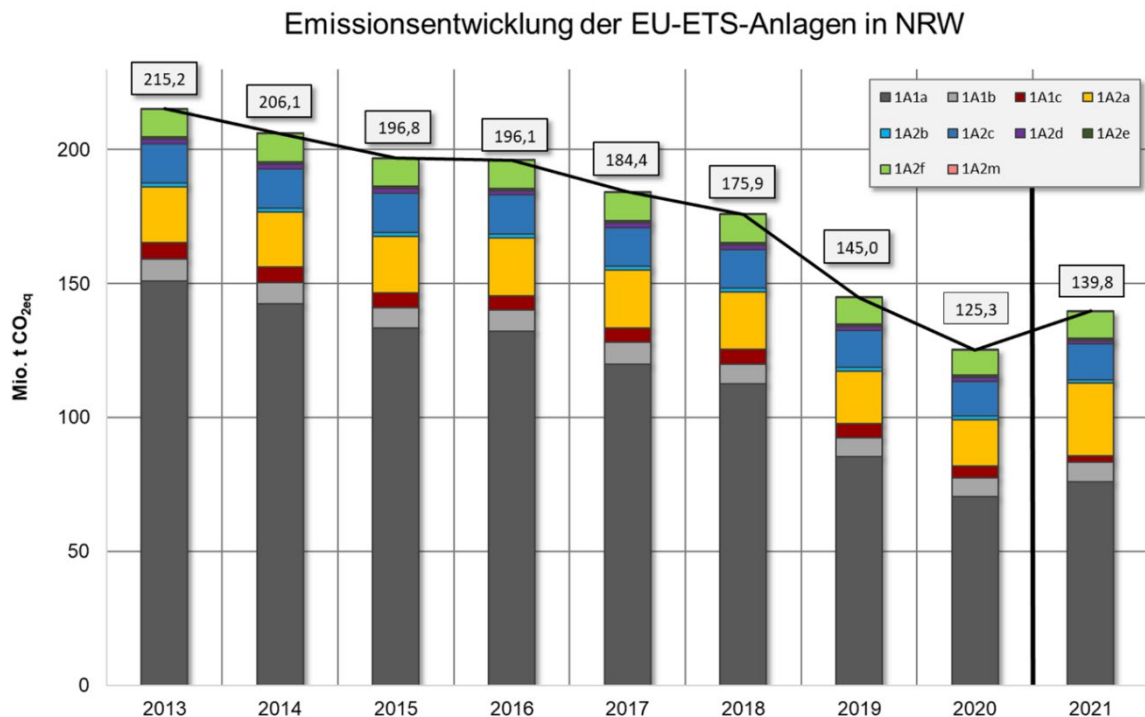


Abbildung 16: Emissionsentwicklung der emissionshandlungspflichtigen in Nordrhein-Westfalen in der dritten und vierten Handelsperiode unterteilt in die Sektoren 1A1a Öffentliche Strom und Wärmeversorgung, 1A1b Raffinerien, 1A1c Sonstige Energieindustrie, 1A2a Eisen und Stahl, 1A2b Nichteisen-Metalle, 1A2c Chemische Industrie, 1A2d Zellstoff, Papier, Druck, 1A2e Nahrungsmittel, 1A2f Nichtmetallische Minerale und 1A2m Sonstige Industrie. Dargestellt sind zudem die Gesamtemissionen der emissionshandlungspflichtigen Anlagen in NRW im jeweiligen Berichtsjahr (hellgraue Kästen)

In Analogie zu den Berichten über die emissionshandlungspflichtigen Treibhausgasemissionen von stationären Anlagen und Luftverkehr in Deutschland (VET-Berichte) der DEHST (2022) sind in der folgenden Tabelle 15 die zehn größten Emittenten in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021 dargestellt. Sechs Anlagen sind Kraftwerke der Energieerzeugung und vier Anlagen werden der Eisen- und Stahlindustrie zugeordnet. Insgesamt verursachen diese zehn Anlagen mit rund 81,7 Mio. t CO_{2eq} über die Hälfte (58,4 %) der emissionshandlungspflichtigen Emissionen im stationären Bereich und über ein Drittel (37,6 %) der Gesamtemissionen Nordrhein-Westfalens.

Tabelle 15: Die zehn größten EU-ETS-Anlagen in Nordrhein-Westfalen nach Emissionen im Jahr 2021 (DEHST 2022)

Anlage (Betreiber)	IPCC-Sektor	CO _{2eq} in Gg (1000 t)	Veränderung ggü. 2020
Kraftwerk Neurath (RWE Power AG)	1A1a	22.076	▲ 18,2 %
Kraftwerk Niederaußem (RWE Power AG)	1A1a	16.105	▲ 35,6 %
Kraftwerk Weißweiler (RWE Power AG)	1A1a	14.490	▲ 26,3 %
Integriertes Hüttenwerk Duisburg (ThyssenKrupp Steel Europe AG)	1A2a	7.837	▲ 14,6 %
Werk Duisburg-Huckingen, Glocke (HKM Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH)	1A2a	4.894	▲ 23,8 %
Kraftwerk Datteln Block 4 (Uniper Kraftwerke GmbH)	1A1a	3.815	▲ 94,7 %
Heizkraftwerk Huckingen (Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH)	1A2a	3.174	▲ 34,9 %
Heizkraftwerk Duisburg-Ruhrort (ThyssenKrupp Steel Europe AG)	1A2a	3.106	▲ 40,3 %
Kraftwerk Scholven (Uniper Kraftwerke GmbH)	1A1a	3.091	▼ - 10,4 %
Kohlekraftwerk Lünen – TKL (Trianel Kohlekraftwerk Lünen GmbH & Co. KG)	1A1a	3.072	▲ 131,0 %
Gesamt		81.660	▲ 23,6 %

3 Nordrhein-Westfalen im Vergleich

3.1 Vergleich Nordrhein-Westfalens mit der Bundesrepublik Deutschland

Als Vergleichsdaten dienen die Angaben in den Nationalen Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2021 (UBA 2023A). Der Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF, Land-use, Land-use change and forestry) wird dabei nicht berücksichtigt.

Tabelle 16: Treibhausgasemissionen Nordrhein-Westfalens und der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2021 (UBA 2022A, LANUV NRW)

IPCC-Sektor	Bezeichnung	NRW 2021	Deutschland 2021	Anteil NRW
		Mio. t CO ₂ -Äquivalente		%
1A1	Energiewirtschaft	91,0	240,4	37,8
1A2 + 2A-C	Industrie	58,4	170,1	34,3
1A3	Verkehr	30,2	147,8	20,4
1A4-5	Haushalte / Kleinverbrauch	26,1	124,3	21,0
1B	Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen	0,9	3,6	25,0
2D-2H	Produktanwendungen / Sonstige	3,3	13,8	23,9
3	Landwirtschaft	7,0	55,0	12,7
5	Abfall	0,4	4,1	9,7
	Gesamtemissionen	217,3	759,1	28,6

Mit Emissionen in Höhe von 217,3 Mio. t CO_{2eq} liegt der Anteil Nordrhein-Westfalens an den bundesdeutschen THG-Emissionen im Jahr 2021 bei 28,6 % (Abbildung 17, Tabelle 16). Insbesondere die Sektoren Energiewirtschaft mit rund 38 % der bundesdeutschen Emissionen, Industrie (34,3 %) und Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen (25,0 %) weisen einen großen Anteil an den deutschen Gesamtemissionen auf. Dies ist vor allem auf die Bedeutung des Ruhrgebiets und der Rheinschiene als wichtige deutsche Industriestandorte sowie auf die ehemalige Steinkohleförderung und die Stein- und Braunkohleverstromung zurückzuführen.

Die Anteile der Sektoren Verkehr sowie Haushalte und Kleinverbraucher liegen im Bereich von 20 bzw. 21 % und somit erwartungsgemäß in der Größenordnung des Bevölkerungsanteils Nordrhein-Westfalens von etwa 22 % (STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2023). Die Sektoren Landwirtschaft und Abfall tragen mit 12,7 % bzw. 9,7 % zu den deutschen Emissionen bei.

THG-Emissionen Nordrhein-Westfalens im Vergleich mit der BRD

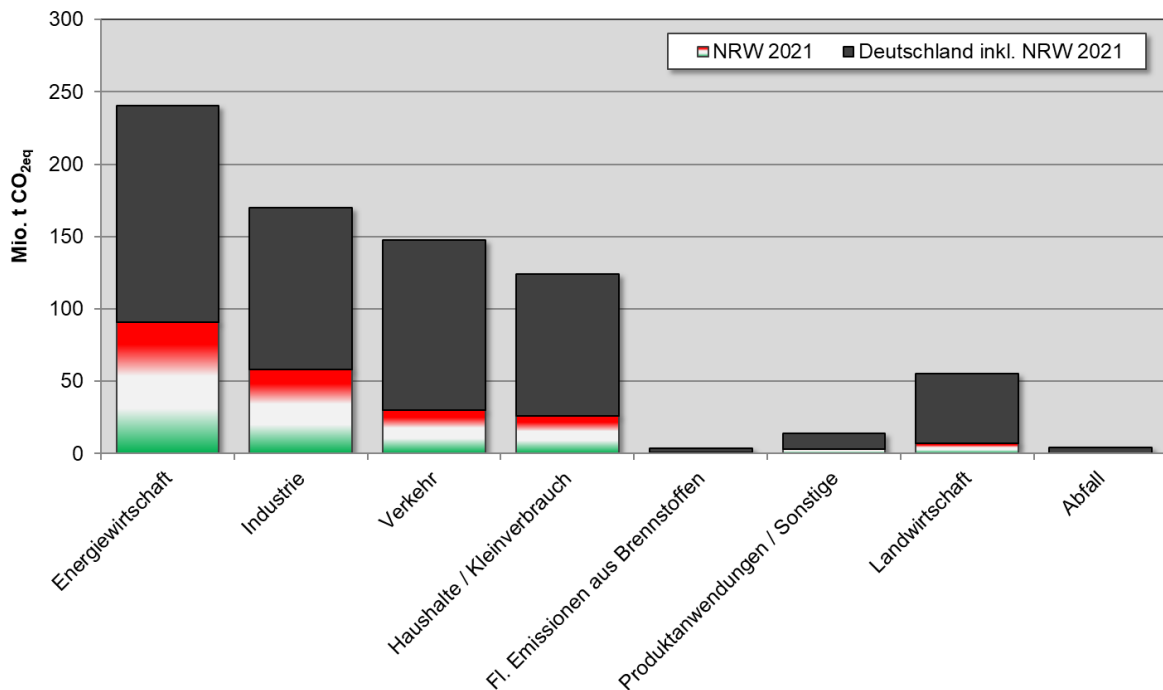


Abbildung 17: Anteil der THG-Emissionen Nordrhein-Westfalens an den Gesamtemissionen der BRD im Jahr 2021 in den einzelnen Sektoren. Im Durchschnitt liegt der Anteil Nordrhein-Westfalens an den bundesdeutschen THG-Emissionen bei 28,6 % (Quelle: UBA 2022A, LANUV NRW, eigene Darstellung)

3.2 Vergleich Nordrhein-Westfalens mit den 27 EU-Staaten und dem Vereinigten Königreich

Deutschland und die europäische Union gehören zu den größten Treibhausgas-Emittenten weltweit (Abbildung 18). Im europäischen Vergleich liegt Deutschland im Jahr 2021 mit Emissionen in Höhe von insgesamt 759,1 Mio. t CO_{2eq} deutlich auf Rang 1, gefolgt von Frankreich (mit Monaco), dem Vereinigten Königreich, Polen, Italien (mit San Marino und dem Heiligen Stuhl) und Spanien (mit Andorra) (CRIPPA ET AL. 2021). Wird Nordrhein-Westfalen in die Reihe der Mitgliedstaaten einsortiert, folgt es mit 217,3 Mio. t CO_{2eq} an 7. Stelle (Abbildung 15). Insgesamt emittieren die 27 EU-Staaten und das Vereinigte Königreich (EU 27 + VK) im Jahr 2021 etwa 4,0 Milliarden t CO_{2eq}. Mit rund 19 % entsteht etwa ein Viertel dieser Treibhausgas-Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland.

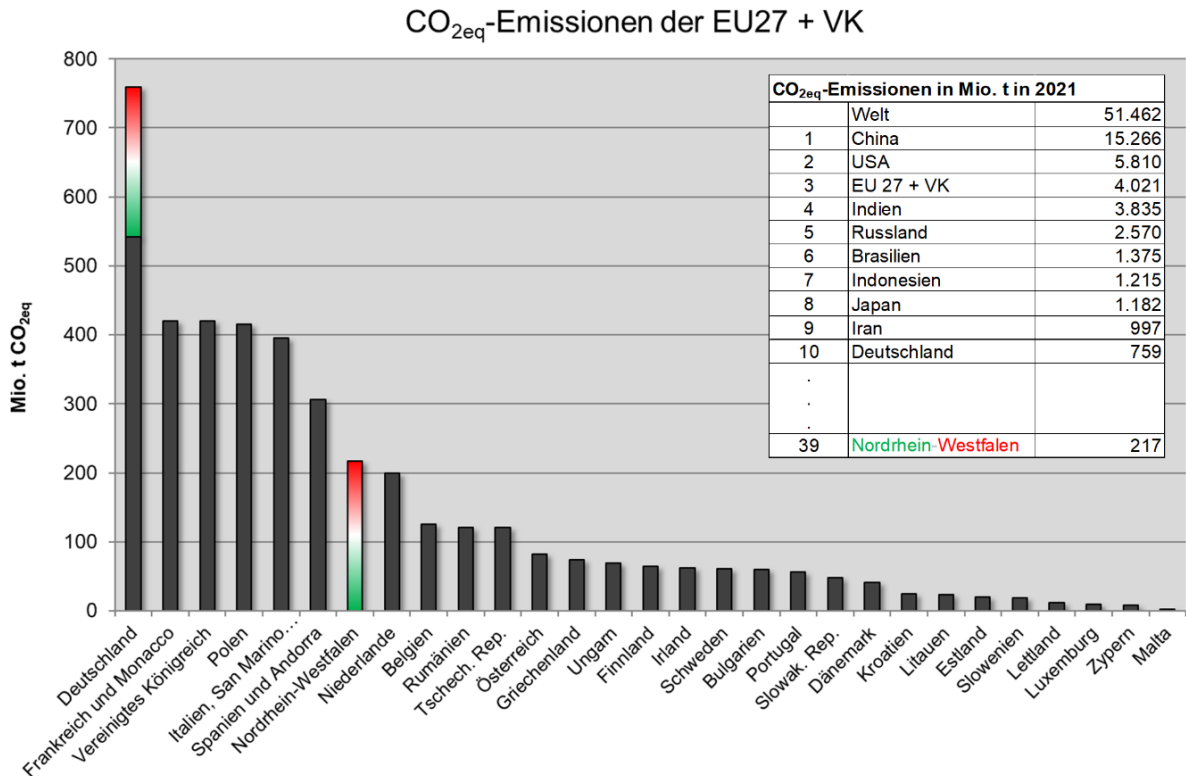


Abbildung 18: Vergleichende Darstellung der Treibhausgas-Emissionen der EU 27 + VK, NRW und der zehn größten Emittenten weltweit im Jahr 2021 (Quelle: CRIPPA ET AL. 2021, eigene Darstellung)

Die EUROPÄISCHE UMWELTAGENTUR (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, EEA) (2023) gibt an, dass die Treibhausgas-Emissionen der EU 27 (ohne das Vereinigte Königreich) im Jahr 2021 um etwa 4,2 % gegenüber dem Vorjahr gestiegen sind (Abbildung 16). Ähnlich wie der Emissionsanstieg in Deutschland und Nordrhein-Westfalen liegt der Wert im einstelligen Prozentbereich. In den meisten europäischen Staaten sind die Treibhausgas-Emissionen zwischen den Jahren 2020 und 2021 gestiegen. Der prozentuale Anstieg der Treibhausgas-Emissionen differiert dabei stark zwischen den Mitgliedstaaten. Er rangiert zwischen 12,3 % für Bulgarien 0,1 % für Litauen. Ausnahmen sind Portugal, Finnland und Slowenien. Diese Staaten haben leichte Emissionsminderungen zu verzeichnen (CRIPPA ET AL. 2021).

Die Emissionssteigerung Deutschlands bewegt sich mit rund 4,1 % gegenüber dem Jahr 2020 auf dem Niveau der EU 27 (ohne VK). Nordrhein-Westfalen hat seine Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2021 um rund 6,6 % gegenüber dem Vorjahr gesteigert und liegt damit leicht über den Werten Deutschlands und der EU 27 (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2023, UBA 2023A, Abbildung 19).

Prozentuale Veränderung der Emissionen gegenüber dem Vorjahr im europäischen Vergleich

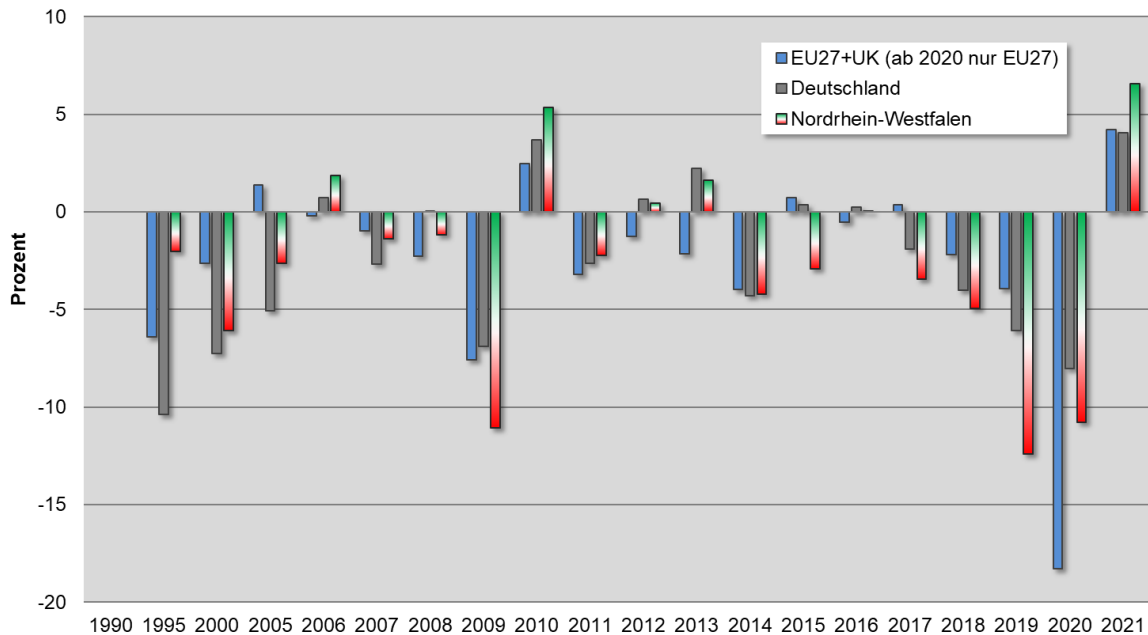


Abbildung 19: Prozentuale Zu-, bzw. Abnahme der Treibhausgas-Emissionen der EU 27, Nordrhein-Westfalens und der Bundesrepublik Deutschland jeweils im Vergleich zum Vorjahr (Quelle: EEA 2023, UBA 2023A, eigene Darstellung)

Global sind die Emissionen im Jahr 2021 gegenüber dem Vorjahr um 4,1 % gestiegen. (CRIPPA ET AL. 2021). Zum Vergleich sind in Abbildung 18 die Treibhausgas-Emissionen der weltweit größten Emittenten des Jahres 2021 angegeben. Weltweit wurden im Jahr 2020 etwa 51,5 Milliarden t CO_{2eq} emittiert.

Im Jahr 2021 blieben China, die Vereinigten Staaten, die EU 27, Indien und Russland die weltweit größten Treibhausgas-Emittenten. Zusammen verursachen diese Staaten(verbände) 61,2 % der globalen Treibhausgas-Emissionen. Der Treibhausgas-Ausstoß dieser fünf größten Emittenten der Welt hatte im Jahr 2021 einen deutlichen Anstieg zu verzeichnen: in den EU 27 um 4,2 %, in den Vereinigten Staaten um 4,4 %, in Russland um 7,0 % und in Indien um 7,7 % (CRIPPA ET AL. 2021).

Die Treibhausgas-Emissionen der EU 27 sind in den letzten zwei Jahrzehnten bereits zurückgegangen. Im Jahr 2021 lagen die Emissionen der Staatengemeinschaft 39,0 % unter dem Emissionsniveau des Basisjahres 1990. Der Anteil der EU 27 an den globalen Gesamtemissionen sank zwischen den Jahren 2015 und 2020 von 8,5 % auf 8,2 % und fiel bis zum Jahr 2021 auf 7,8 % ab (CRIPPA ET AL. 2021).

Zum Vergleich: In Nordrhein-Westfalen sind die gesamten Treibhausgas-Emissionen zwischen den Jahren 1990 und 2021 um 40,9 % zurückgegangen, die reinen CO₂-Emissionen sanken um 35,2 %. Damit wird die Treibhausgas-Emissionsminderung der EU 27 deutlich übertroffen. Gegenüber dem Vorjahr 2020 sind die gesamten Treibhausgas-Emissionen in Nordrhein-Westfalen um 6,6 % und die CO₂-Emissionen um 7,5 % gestiegen. Diese Emissionsentwicklung ist vergleichbar zu den EU 27 und der Welt.

4 Ausblick

Das Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen 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 Nordrhein-Westfalen sind.

Dieser konservativen Abschätzung folgend werden im Jahr 2022 in Nordrhein-Westfalen voraussichtlich rund 217,2 Mio. t CO₂-Äquivalente emittiert. Tabelle 13 zeigt die Entwicklung seit 1990 einschließlich der vorläufigen Daten für das Jahr 2022.

Für die Gesamttendenz der letzten Jahre ab etwa 2010 ist in erster Linie die Entwicklung im Sektor **Energiewirtschaft** maßgeblich. Zwischen den Jahren 2019 und 2020 sind die Emissionen auf Grund der Corona-Pandemie und deren Einschränkungen deutlich zurückgegangen. Im Jahr 2021 gibt es einen gegenläufigen Trend zu den Vorjahren. Dieser setzt sich im Jahr 2022 fort. Im Sektor Energiewirtschaft steigen die Emissionen in Nordrhein-Westfalen um ca. 6,3 Mio. t CO_{2eq} auf 97,3 Mio. t CO_{2eq} (DEHST 2023). Dies entspricht einer Erhöhung von 6,9 % gegenüber dem Jahr 2021. Im Bundesdurchschnitt sind die Emissionen des Sektors Energiewirtschaft laut UBA 2023 im gleichen Zeitraum mit rund 10,7 Mio. t CO_{2eq} um 4,4 % angestiegen. Wie bereits im Jahr 2021 sind die Stein- und Braunkohleeinsätze zur Gewinnung von Strom und Wärme weiter angestiegen. Der Arbeitskreis Energiebilanzen erklärt den vermehrten Einsatz dieser Energieträger mit der Substitution einer verminderten Stromerzeugung aus Kernkraft und Erdgas (AG ENERGIEBILANZEN 2023, 2023A). Emissionssteigernd wirkte sich laut UBA (2023 D, E) zudem eine insgesamt vermehrte Stromproduktion als Beitrag zur Sicherung der Versorgungssicherheit im europäischen Ausland aus. Die erhöhte Bereitstellung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen konnte diesen Rückgang konventioneller Energieträger bei gleichzeitigem Mehrbedarf nicht ausgleichen. In Nordrhein-Westfalen stiegen die Emissionen aus der Kohleverstromung von 70,1 Mio. t CO_{2eq} im Jahr 2021 um rund 9 % auf 76,7 Mio. t CO_{2eq} im Jahr 2022. Die Emissionen aus der Nutzung von Braunkohle stiegen dabei um rund 6 % an, die Emissionen aus der Nutzung von Steinkohle in Kraftwerken der Energiewirtschaft erhöhten sich um 22 %. Ebenso ist der Einsatz von Mineralölen in der Energiewirtschaft, insbesondere von leichtem Heizöl, laut UBA 2023 D, E im Jahr 2022 deutlich gestiegen. Für Nordrhein-Westfalen kann diese Aussage durch das Kraftwerkskataster NRW nicht belegt werden. Brennstoff-Emissionen aus der Verstromung von Erdgas sind in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2022 um rund 10 % auf 9,1 Mio. t CO_{2eq} gesunken. Diese Emissionsminderung entspricht etwa dem gesunkenen Erdgasverbrauch auf Bundesebene, welcher gemäß UBA (2023 D, E) im Jahr 2022 10,8 Prozent unter dem Vorjahreswert lag. Insgesamt liegen die erwarteten Emissionen des Sektors Energiewirtschaft im Jahr 2022 rund 39 % unter dem Emissionsniveau des Basisjahres 1990.

Die Emissionen im Sektor **Industrie** sinken im Jahr 2022 um 6,5 %, bzw. 3,8 Mio. t CO_{2eq} von 58,4 Mio. t CO_{2eq} auf schätzungsweise 54,6 Mio. t CO_{2eq}. Mit Ausnahme der Nahrungsmittelindustrie sind in Nordrhein-Westfalen bei allen energieintensiven Industrien rückläufige Emissionswerte zu verzeichnen. Laut UBA (2023 D, E) spielen hier insbesondere die durch den Krieg in der Ukraine stark gesunkenen Energieeinsätze eine Rolle. Ähnlich wie im Sek-

tor Haushalte und Kleinverbrauch sind auch hier die im Jahr 2022 inflations- und krisenbedingt stark angestiegenen Energiekosten ausschlaggebend für entsprechende Einspar- und Substitutionsbemühungen. Die Produktionsindizes des Jahres 2022 zeigen, dass ähnlich wie auf Bundesebene, insbesondere die chemische Industrie von den genannten energiepolitischen Entwicklungen betroffen ist. Insgesamt haben sich die Emissionen im Sektor Industrie seit 1990 (damals 94,3 Mio. t CO₂-Äquivalente) um ca. 42 % reduziert und liegen im Jahr 2022 etwa 6,5 % über dem Emissionsniveau des Jahres 2021.

Für den **Straßenverkehr** hat das UBA deutschlandweit eine leichte Erhöhung der Emissionen um 0,6 % abgeschätzt. Im Jahr 2022 wurden viele Beschränkungen der Pandemie-Jahre aufgehoben, was zu einer Zunahme des Pkw-Verkehrs geführt hat. Auch die temporäre Einführung des „9-Euro-Tickets“ sowie die hohen Kraftstoffpreise konnten dieser Entwicklung nicht entgegenwirken (UBA 2023 D, E). Emissionssteigernd hat sich im Gegenteil der „Tankrabatt“ der Bundesregierung, d. h. die Senkung der Energiesteuer auf Kraftstoffe, ausgewirkt. Dieser hat die hohen Kraftstoffpreise zeitweilig gemindert. Laut ADAC vergünstigte der „Tankrabatt“ den Preis an den Zapfsäulen um 35 Cent pro Liter. Das landesweite Emissionskataster Straßenverkehr NRW ermittelt für den Straßenverkehr in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2022 Emissionen in Höhe von 26,7 Mio. t CO_{2eq}. Dies entspricht einer Emissionssteigerung von 0,8 % gegenüber 2021.

Im Bereich des **Flugverkehrs** machen sich in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2022 die Lockerungen der Reisebeschränkungen in Folge der Corona-Pandemie bemerkbar. Die Passagierzahlen sowie das Frachtaufkommen an den NRW-Flughäfen haben sich im Jahr 2022 um fast 60 % im Vergleich zum Vorjahr gesteigert (DESTATIS 2023). Auch der Absatz von Flugkraftstoff stieg erneut kräftig an (AG ENERGIEBILANZEN 2023, 2023A). Im Bereich des Flugverkehrs steigen die Emissionen im Jahr 2022 um 48,7 % an, bleiben damit aber weiterhin bei insgesamt rund 0,2 Mio. t CO_{2eq}. Insgesamt liegen die erwarteten Emissionen des Sektors Verkehr im Jahr 2022 rund 18 % unter dem Emissionsniveau des Basisjahres 1990.

Das UBA hat für den Sektor **Haushalte und Kleinverbraucher** eine Emissionsminderung von 5,3 % ermittelt. Auf Nordrhein-Westfalen übertragen entspricht diese Entwicklung einer Emissionsminderung von rund 1,4 Mio. t CO_{2eq} gegenüber dem Jahr 2021 auf 24,7 Mio. t CO_{2eq}. Die Emissionen der privaten Haushalte verringerten sich gemäß AG ENERGIEBILANZEN (2023, 2023A) im Jahr 2022 aufgrund des Witterungseffektes und der Einspar- sowie Substitutionsbemühungen der Verbraucher. Letztere sind vornehmlich auf die gestiegenen Energiepreise zurückzuführen (UBA 2023 D, E). Die milde Witterung des Jahres 2022 unterstützte die Einsparmaßnahmen in diesem Sektor. Gegenläufig haben sich mutmaßlich die gestiegenen Heizölkäufe ausgewirkt. In Erwartung einer möglichen Energiekrise sind die Absätze von leichtem Heizöl im Jahr 2022, nach den verminderten Heizölkäufen des Vorjahres, erneut angestiegen (UBA 2023 D, E). Mit rund 24,7 Mio. t CO_{2eq} liegen die Emissionen des Sektors Haushalte und Kleinverbraucher im Jahr 2022 rund 34 % unter dem Emissionsniveau des Basisjahres 1990.

Das UBA ermittelt für den Sektor **Landwirtschaft** eine Emissionsreduktion von durchschnittlich 1,5 %. Auf Nordrhein-Westfalen übertragen sinken die Emissionen von 7,0 Mio. t CO_{2eq} auf 6,6 Mio. t CO_{2eq}. Ursächlich sind laut UBA (2023 D, E) die weiterhin rückläufigen Tierzahlen in der Schweinehaltung ein geringer Einsatz von Mineraldünger. Insgesamt liegen die erwarteten Emissionen der Landwirtschaft im Jahr 2022 rund 15 % unter dem Emissionsniveau des Basisjahres 1990.

Die Emissionen im Sektor **Produktanwendungen/Sonstige** sinken auf Bundesebene um durchschnittlich 7,5 % (UBA 2023). Für die Minderung ist überwiegend ein verringerter Ausstoß von Fluorierten Gasen verantwortlich. Auf Nordrhein-Westfalen übertragen sinken die Emissionen im Jahr 2022 von 3,3 Mio. t CO_{2eq} auf 3,1 Mio. t CO_{2eq} und liegen damit rund 13 % unter dem Emissionsniveau des Basisjahres 1990.

Im Sektor **Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen** bleiben die Emissionen voraussichtlich auf dem Vorjahresniveau.

Im **Abfallbereich** sind keine gravierenden Änderungen zu erwarten.

Insgesamt ergeben sich daraus für Nordrhein-Westfalen vorläufige Emissionen für das Jahr 2022 von 217,2 Mio. t CO_{2eq}. Dies bedeutet eine weitgehend konstante Emissionsentwicklung zum Jahr 2021. Die Emissionen sinken im Vergleich zum Vorjahr um 0,1 Mio. t CO_{2eq} bzw. 0,1 %. Gegenüber 1990 sinken die Emissionen im Berichtsjahr 2022 voraussichtlich um rund 41 %.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Zeitreihe der THG-Emissionen in Nordrhein-Westfalen nach Sektoren von 1990 bis 2021 sowie eine Vorjahresabschätzung für das Berichtsjahr 2022	6
Abbildung 2:	Verteilung der Gesamtemissionen in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021 (insgesamt 217,3 Mio. t CO ₂ eq)	14
Abbildung 3:	Anlagen der Öffentlichen Strom- und Wärmeversorgung tragen mit rund 89 % zu den Treibhausgas-Emissionen des Sektors Energiewirtschaft bei.....	18
Abbildung 4:	Emissionsentwicklung in nordrhein-westfälischen Kraftwerken seit Beginn der Berichtspflicht im Europäischen Emissionshandel 2005 entsprechend der Hauptbrennstoffe der Kraftwerke	19
Abbildung 5:	Energie- und prozessbedingte Treibhausgas-Emissionen der Sektoren Industrie (1A2/2A-C) und Produktanwendungen/Sonstige (2D-H) im Jahr 2021.....	21
Abbildung 6:	Zeitreihe der Straßenverkehrsemissionen der Jahre 2000 bis 2021 und vorläufigen Zahlen für das Jahr 2022 differenziert nach Fahrzeugklassen.....	22
Abbildung 7:	Im Bereich Produktanwendung/Sonstige ist eine Substitution besonders klimaschädlicher Gase durch weniger klimawirksame zu verzeichnen.....	23
Abbildung 8:	Auf den Sektor Landwirtschaft entfallen mit rund 7,0 Mio. t CO ₂ eq im Jahr 2021 insgesamt 3,2 % der Gesamtemissionen in NRW	24
Abbildung 9:	Mit ca. 3,5 Mio. t CO ₂ eq sind Rinder die Hauptemittenten im Bereich der Tierhaltung	26
Abbildung 10:	Zeitreihe der Emissionen aus Sektor 4 Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forstwirtschaft der Jahre 1990 bis 2021 differenziert nach Quellen und Senken.....	27
Abbildung 11:	Prozentuale Verteilung der emittierten Treibhausgase in Nordrhein-Westfalen 1990 und 2021	31
Abbildung 12:	Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen	33
Abbildung 13:	Die Emissionen des Straßenverkehrs dominieren den Verkehrssektor.....	38
Abbildung 14:	Die Emissionen im Sektor Haushalte und Kleinverbrauch werden zum großen Teil vom Raumwärme- und Warmwasserbedarf geprägt.....	40
Abbildung 15:	Zeitreihe der Emissionen des Sektors Landwirtschaft der Jahre 1990 bis 2021 differenziert nach Emissionen aus der Tierhaltung (hellgrün) und der Bodennutzung (dunkelgrün)	43

Abbildung 16:	Emissionsentwicklung der emissionshandelspflichtigen in Nordrhein-Westfalen in der dritten und vierten Handelsperiode unterteilt in die Sektoren 1A1a Öffentliche Strom und Wärmeversorgung, 1A1b Raffinerien, 1A1c Sonstige Energieindustrie, 1A2a Eisen und Stahl, 1A2b Nichteisen-Metalle, 1A2c Chemische Industrie, 1A2d Zellstoff, Papier, Druck, 1A2e Nahrungsmittel, 1A2f Nichtmetallische Minerale und 1A2m Sonstige Industrie	46
Abbildung 17:	Anteil der THG-Emissionen Nordrhein-Westfalens an den Gesamtemissionen der BRD im Jahr 2021 in den einzelnen Sektoren.....	49
Abbildung 18:	Vergleichende Darstellung der Treibhausgas-Emissionen der EU 27 + VK, NRW und der zehn größten Emittenten weltweit im Jahr 2021	50
Abbildung 19:	Prozentuale Zu-, bzw. Abnahme der Treibhausgas-Emissionen der EU 27, Nordrhein-Westfalens und der Bundesrepublik Deutschland jeweils im Vergleich zum Vorjahr.....	51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Überblick über die Treibhausgas-Emissionen in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021	9
Tabelle 1:	Überblick über die Treibhausgas-Emissionen in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021	7
Tabelle 2:	Übersicht über die verwendeten GWP.....	12
Tabelle 3:	Übersicht über die Emissionssektoren nach IPCC 2006.....	13
Tabelle 4:	Treibhausgasemissionen Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021.....	15
Tabelle 5:	Treibhausgasemissionen des Sektors Energie in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2021 (ohne den Sektor 1A2 Industrie).....	17
Tabelle 6:	Treibhausgasemissionen der Sektoren Industrie und Produktanwendungen im Jahr 2021 (energie- und prozessbedingte Emissionen der Industrie).....	20
Tabelle 7:	Treibhausgasemissionen des Subsektors 1A3b Straßenverkehr des Jahres 2021 nach Fahrzeugklassen differenziert.....	22
Tabelle 8:	Treibhausgasemissionen des Sektors Landwirtschaft im Jahr 2021	25
Tabelle 9:	Treibhausgasemissionen des Subsektors Tierhaltung im Jahr 2021. Indirekte Emissionen als Folge der Deposition von reaktivem Stickstoff sowie aus der Vergärung von Energiepflanzen werden bei dieser Darstellung und der folgenden Abbildung nicht berücksichtigt	26
Tabelle 10:	Treibhausgasemissionen des Sektors Abfall im Jahr 2021	28
Tabelle 11:	Gesamtunsicherheiten der bilanzierten Treibhausgase im Treibhausgas-Emissionsinventar NRW	29
Tabelle 12:	Produktionsindices und einhergehende Emissionsveränderungen der Industriezweige in den Jahren 2020 und 2021.....	36
Tabelle 13:	Zeitreihe der Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen nach Sektoren (Quellen: Wuppertal Institut (WI 2005) und LANUV NRW).....	44
Tabelle 14:	Anzahl sowie Emissionen der emissionshandlungspflichtigen Anlagen in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2020 (DEHST 2022)	45
Tabelle 15:	Die zehn größten EU-ETS-Anlagen in Nordrhein-Westfalen nach Emissionen im Jahr 2021 (DEHST 2022)	47
Tabelle 16:	Treibhausgasemissionen Nordrhein-Westfalens und der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2021 (UBA 2022A, LANUV NRW)	48

Literatur

- AG ENERGIEBILANZEN E.V. (2022): Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2021
https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/03/AGEB_Jahresbericht2020_20220325_dt.pdf
- AG ENERGIEBILANZEN E.V. (2023): Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2022
https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/01/AGEB_Jahresbericht2022_20230413-02_dt-1.pdf
- AG ENERGIEBILANZEN E.V. (2023A): AG Energiebilanzen legt Bericht für 2022 vor. Pressemitteilung vom 17.04.2023
<https://ag-energiebilanzen.de/ag-energiebilanzen-legt-bericht-fuer-2022-vor/>
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT (BMU) (2019): Bundes-Klimaschutzgesetz
<https://www.bmu.de/gesetz/bundes-klimaschutzgesetz/>
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT (BMU) (2021): Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes
<https://www.bmu.de/gesetz/entwurf-eines-ersten-gesetzes-zur-aenderung-des-bundes-klimaschutzgesetzes/>
- BUNDESNETZAGENTUR (2021): Kraftwerksliste Bundesnetzagentur (bundesweit; alle Netz- und Umspannebenen) Stand 19.01.2021
https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.html
- BUNDESNETZAGENTUR (2022): Kraftwerksliste Bundesnetzagentur (bundesweit; alle Netz- und Umspannebenen) Stand 31.05.2022
<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.html>
- CRIPPA, M., GUIZZARDI, D., SOLAZZO, E., MUNTEAN, M., SCHAAF, E., MONFORTI-FERRARIO, F., BANJA, M., OLIVIER, J.G.J., GRASSI, G., ROSSI, S., VIGNATI, E. (2021): GHG emissions of all world countries - 2021 Report, EUR 30831 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-41547-3, doi:10.2760/173513, JRC126363
https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2021
- DEUTSCHE EMISSIONSHANDELSSTELLE (DEHST) (2022): Treibhausgasemissionen 2021. Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland (VET-Bericht 2021)
https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/VET-Bericht-2021.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- DEUTSCHE EMISSIONSHANDELSSTELLE (DEHST) (2023): Treibhausgasemissionen 2022. Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland (VET-Bericht 2022)

https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/VET-Bericht-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=2

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA) (2023): EEA greenhouse gases - data viewer
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

INFORMATION UND TECHNIK NORDRHEIN-WESTFALEN, STATISTISCHES LANDESAMT (IT NRW) (2021A): Zahlenspiegel Nordrhein-Westfalen März 2021

INFORMATION UND TECHNIK NORDRHEIN-WESTFALEN, STATISTISCHES LANDESAMT (IT NRW) (2021B): Zahlenspiegel Nordrhein-Westfalen August 2021

INFORMATION UND TECHNIK NORDRHEIN-WESTFALEN, STATISTISCHES LANDESAMT (IT NRW) (2021c): Statistische Berichte: Binnenschifffahrt in Nordrhein-Westfalen. Dezember 2021

INFORMATION UND TECHNIK NORDRHEIN-WESTFALEN, STATISTISCHES LANDESAMT (IT NRW) (2022a): Zahlenspiegel Nordrhein-Westfalen April 2022

INFORMATION UND TECHNIK NORDRHEIN-WESTFALEN, STATISTISCHES LANDESAMT (IT NRW) (2022b): Zahlenspiegel Nordrhein-Westfalen Oktober 2022

INSTITUT WOHNEN UND UMWELT (IWU) (2023): Energiebilanzen für Gebäude - Gradtagszahlen in Deutschland
<https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/energiebilanzen/#c205>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2006): IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2013): IPCC Fifth Assessment Report, Climate Change 2013: Working Group I: The Physical Science Basis

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2019): 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: CALVO BUENDIA, E., TANABE, K., KRANJC, A., BAASANSUREN, J., FUKUDA, M., NGARIZE, S., OSAKO, A., PYROZHENKO, Y., SHERMANAU, P. AND FEDERICI, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT, BUNDESFORSCHUNGSINSTITUT FÜR LÄNDLICHE RÄUME, WALD UND FISCHEREI (TI) (2020): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2018. Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2020. Thünen-Report 77
<https://www.thuenen.de/de/ak/arbeitsbereiche/emissionsinventare/>

JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT, BUNDESFORSCHUNGSINSTITUT FÜR LÄNDLICHE RÄUME, WALD UND FISCHEREI (TI) (2022): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2020. Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2022, Thünen-Report 91
https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_91.pdf

- JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT, BUNDESFORSCHUNGSINSTITUT FÜR LÄNDLICHE RÄUME, WALD UND FISCHEREI (TI) (2023): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2021: Inputdaten und Emissionsergebnisse (Deutsch). DOI:10.3220/DATA20230307151125-0
- KRAFTFAHRZEUGBUNDESAMT (2021): Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken, 1. Januar 2021
https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz1_b_uebersicht.html
- KRAFTFAHRZEUGBUNDESAMT (2022): Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken, 1. Januar 2022
https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz1_b_uebersicht.html
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (LANUV NRW) (2023): Energieatlas NRW – Strommarktmonitoring – Net-zostromerzeugung
<https://www.energieatlas.nrw.de/site/strommarktmonitoring>
- MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, INNOVATION, DIGITALISIERUNG UND ENERGIE DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MWIDE NRW) (2021): NRW-Klimaschutzportal. Das Klimaschutzgesetz
<https://www.klimaschutz.nrw.de/instrumente/klimaschutzgesetz>
- MINISTERIUM FÜR VERKEHR DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (VM NRW) (2019): Mobilität in Nordrhein-Westfalen. Daten und Fakten 2018/2019.
- RICHTLINIE (EU) 2018/410 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 14. März 2018 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Unterstützung kosteneffizienter Emissionsreduktionen und zur Förderung von Investitionen mit geringem CO₂-Ausstoß und des Beschlusses (EU) 2015/1814
- STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (2023): Gemeinsames Statistikportal: Bevölkerung
<https://www.statistikportal.de/de/bevoelkerung>
- STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS) (2021): Fachserie 8 Reihe 6.1. Verkehr. Luftverkehr auf Hauptverkehrsflughäfen
https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00058968/2080610207004_korr09022021.pdf
- STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS) (2022): Pressemitteilung Nr. 152 vom 7. April 2022
https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/04/PD22_152_461.html
- STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS) (2022A): Fachserie 8 Reihe 6.1. Verkehr. Luftverkehr.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS) (2022B): Pressemitteilung Nr. 116 vom 17. März 2022

https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/03/PD22_116_43312.html

STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS) (2022C): Pressemitteilung Nr. 131 vom 25. März 2022

https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/03/PD22_131_463.html

STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS) (2023): Fachserie 8 Reihe 6.1. Verkehr. Luftverkehr.

UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2017): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2017: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2015

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-04-26_climate-change_13-2017_nir-2017_unfccc_de.pdf

UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2018): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2018: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2016

http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07_inventory/ghg_inventory/envwldow/2018_01_15_EU-NIR_2018.pdf

UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2019) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2019: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2017

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-28_cc_23-2019_nir-2019_0.pdf

UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2020) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2020: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2018

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-15-climate-change_22-2020_nir_2020_de.pdf

UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2021A) Detaillierte Berichtstabellen CRF 2020 & weitere Materialien

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>

UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2022) Treibhausgasemissionen stiegen 2021 um 4,5 Prozent, Bundesklimaschutzministerium kündigt umfangreiches Sofortprogramm an

<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-stiegen-2021-um-45-prozent>

UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2022A) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2022: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2020

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-05-31_climate-change_24-2022_nir-2022_de.pdf

- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2022B) Daten der Treibhausgasemissionen des Jahres 2021 nach KSG. Emissionsübersichten in den Sektoren
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2023) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2022: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2021
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/28_2023_cc_berichterstattung_unter_der_klimarahmenkonvention.pdf
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2023a) Detaillierte Berichtstabellen CRF 2022 & weitere Materialien
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2023b) Finale Treibhausgasbilanz 2021: Emissionen sanken um 39 Prozent gegenüber 1990 – EU-Klimaschutzvorgaben werden eingehalten. Offizielle Schätzung der Emissionen 2022 gemäß Klimaschutzgesetz folgt Mitte März 2023. Pressemitteilung vom 26.01.2023
<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/finale-treibhausgasbilanz-2021-emissionen-sanken-um>
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2023c) Berechnung der Treibhausgasemissionsdaten für das Jahr 2021 gemäß Bundesklimaschutzgesetz. Begleitender Bericht. Kurzfassung vom 10. März 2022
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/vjs_2022_-_begleitbericht_final_kurzfassung.pdf
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2023d) UBA-Prognose: Treibhausgasemissionen sanken 2022 um 1,9 Prozent. Mehr Kohle und Kraftstoff verbraucht – mehr Erneuerbare und insgesamt reduzierter Energieverbrauch dämpfen Effekte. Pressemitteilung vom 15.03.2023
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2023e) Emissionsübersichten KSG-Sektoren 1990-2022
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC) (1997): Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen: Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC) (2015): Adoption of the Paris Agreement, Conference of the Parties, Twenty-first session, Paris, 30 November to 11 December 2015
- WUPPERTAL INSTITUT (WI) (2005): Emissionsbericht NRW (Entwurf) im Rahmen des Forschungsprojektes Monitoring klimarelevanter Emissionen für Nordrhein-Westfalen im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (unveröffentlicht).

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0 Telefax 02361 305-3215 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
Bearbeitung	Dr. Katharina Filz, Daniel Hoppe (beide LANUV)
Titelbild	Dr. Katharina Filz (LANUV)
ISSN	1864-3930 (Print), 2197-7690 (Internet), LANUV-Fachberichte
Veröffentlichung	Dezember 2023
Stand	November 2023
Informationsdienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext
Bereitschaftsdienst	Nachrichtensbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488

Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de