

AUTONOME PROVINZ
BOZEN - SÜDTIROL



PROVINCIA AUTONOMA
DI BOLZANO - ALTO ADIGE

PROVINZIA AUTONOMA DE BULSAN - SÜDTIROL

Das Emissionskataster der Provinz Bozen - Zusammenfassung

Jahr 2022

Autonome Provinz Bozen
Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz
Amt für Luft und Lärm

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	4
1.1 Methodologie und Einschränkungen.....	4
2 Klassifizierungen.....	6
3 Schadstoffe.....	12
3.1 Stickstoffoxide (NO _x).....	12
3.2 Feinstaub (PM ₁₀ , PM _{2.5}).....	15
3.3 Ammoniak (NH ₃).....	18
3.4 Flüchtige organische Verbindungen (VOC).....	19
3.5 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).....	21
3.6 Schwermetalle.....	22
4 Treibhausgase.....	23
4.1 Brutto- und Netto-CO ₂	23
4.2 CH ₄ Emissionen.....	26
4.3 N ₂ O Emissionen.....	27
4.4 CO ₂ -Äquivalent und Treibhauspotential.....	28
4.5 CO ₂ -Äquivalent.....	29
4.6 Entwicklung der CO ₂ -Emissionen in Emissionskatastern.....	31
4.7 CO ₂ -Absorption.....	33
4.8 CO ₂ -Gesamtbilanz.....	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prozentuelle Verteilung der Makroschadstoff- und klimarelevanten Gasemissionen im Jahre 2022.....	8
Abbildung 2: Prozentuelle Verteilung der Mikroschadstoffemissionen im Jahre 2022.....	11
Abbildung 3: Prozentuelle Verteilung der NO _x -Emissionen (Jahr 2022).....	12
Abbildung 4: Anteil unterschiedlicher Fahrzeugtypen an der NO _x Emission der A22 (Jahr 2022).....	13
Abbildung 5: Anteil unterschiedlicher Straßentypen an der Emission von NO _x (Jahr 2022).....	14
Abbildung 6: Räumliche Verteilung der NO _x -Emissionen im Jahre 2022.....	15
Abbildung 7: Prozentuelle Verteilung der PM ₁₀ -Emissionen (Jahr 2022).....	16
Abbildung 8: Räumliche Verteilung der PM ₁₀ -Emissionen im Jahre 2022.....	16
Abbildung 9: Vergleich der PM ₁₀ -Emissionen nach Typ der Emissionsquelle in den Gemeinden Latsch und Bozen (2022).....	17
Abbildung 10: Prozentuelle Verteilung der NH ₃ -Emissionen (Jahr 2022).....	18
Abbildung 11: Prozentuelle Verteilung der VOC-Emissionen (Jahr 2022).....	19
Abbildung 12: Prozentuelle Verteilung der B(a)P-Emissionen (Jahr 2022).....	21
Abbildung 13: Prozentuelle Verteilung der Brutto-CO ₂ -Emissionen (2022).....	24
Das in der Grafik dargestellte CO ₂ berücksichtigt nicht die Absorption. Abbildung 14: Prozentuelle Verteilung der Netto-CO ₂ -Emissionen (2022).....	24
Abbildung 15: Anteil der CO ₂ -Emissionen vom Verkehr (2022) unterschiedlicher Straßentypen.....	25
Abbildung 16: Prozentuelle Verteilung der CH ₄ -Emissionen (Jahr 2022).....	26
Abbildung 17: Prozentuelle Verteilung der N ₂ O-Emissionen (Jahr 2022).....	27
Abbildung 18: Beitrag der einzelnen Schadstoffe auf die CO ₂ -Äquivalent-Emissionen.....	29
Abbildung 19: Prozentuelle Verteilung der CO ₂ -Äquivalent-Emissionen (Jahr 2022).....	30
Abbildung 20: Trend der Netto- und Brutto-CO ₂ -Emissionen in den Jahren 2005 - 2007 - 2010 - 2013 - 2015 - 2019 und 2022.....	31
Abbildung 21: Trend der CO ₂ -Äquivalent-Emissionen und seiner Komponenten in den Jahren 2005 - 2007 - 2010 - 2013 - 2015 - 2019 und 2022.....	32
Abbildung 22: CO ₂ -Absorption von Hauptgruppe 11.....	33

Tabellenverzeichnis

<i>Tab. 1: Makroschadstoffemissionen der Jahre 2013, 2015, 2019 und 2022.....</i>	<i>9</i>
<i>Tab. 2: Treibhausgasemissionen der Jahre 2013, 2015, 2019 und 2022 (die Verbrennung von Biomasse wird als neutral betrachtet und die CO₂-Emissionen als gleich Null berechnet).....</i>	<i>10</i>
<i>Tab. 3: Für die Berechnung des CO₂-Äquivalents verwendete Koeffizienten.....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 4: Netto-CO₂-Emissionen und CO₂-Äquivalent-Emissionen.....</i>	<i>34</i>

1 Einleitung

Das Emissionskataster ermöglicht die Darstellung von Emissionsdaten in unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Auflösung für alle relevanten Luftschadstoffe. Das für die Erstellung des Emissionsinventars verwendete Werkzeug ist INEMAR (INventario EMISSIONi ARia - www.inemar.eu). Dies ist eine Datenbank, die zur Erstellung des Emissionskatasters entwickelt wurde und derzeit in verschiedenen italienischen Regionen genutzt wird. Das System ermöglicht die Schätzung der Emissionen der wichtigsten Makroschadstoffe, der kohlenstoffhaltigen Fraktionen des Feinstaubes, der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe, der Schwermetalle und der aggregierten Schadstoffe (CO₂-Äquivalente, Ozonvorläufer und säurebildende Substanzen) für zahlreiche Tätigkeiten und Brennstoffe.

Dieses Dokument stellt eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse dar. Für eine ausführliche Beschreibung der Methodik und detaillierte Ergebnisse wird auf den vollständigen Bericht verwiesen. Nachfolgend die Liste der berücksichtigten Schadstoffe und klimaschädlichen Gase, sowie der in INEMAR verwendeten Maßeinheiten.

1.1 Methodologie und Einschränkungen

Für das Emissionsinventar wird eine Software verwendet, die auf der im Rahmen des CORINAIR-Projekts definierten Methodik in ihrer neuesten Version namens SNAP 97 (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution - Jahr 1997) basiert. Die Klassifizierung erfolgt anhand von Tätigkeiten. Technologisch ähnliche Emissionsquellen werden dabei zu einer Tätigkeit zusammengefasst. Wenn es notwendig ist, zu einer wirtschaftlichen Klassifizierung überzugehen (z.B. Emissionen aus dem „Tourismussektor“ oder dem „Bausektor“), ist es notwendig, eine vollständige Überarbeitung der Informationen vorzunehmen oder andere Methoden zur Aggregation der ursprünglichen Daten anzuwenden. Die Klassifizierung nach Tätigkeiten (SNAP-Methode) und nicht etwa nach Wirtschaftssektor hat mehrere Gründe:

- Es handelt sich um eine auf europäischer Ebene verwendete Standardklassifizierung, für die festgelegte Emissionsfaktoren definiert sind;
- Es handelt sich um eine Methode, die von anderen italienischen Regionen zur Erstellung von Emissionsinventaren verwendet wird, was zumindest auf konzeptioneller Ebene eine Vergleichbarkeit gewährleistet;

- Die Definition der Klassen ist genau festgelegt und vermeidet Unklarheiten, vorausgesetzt die Quelldaten sind gut beschrieben.

Die räumliche Verteilung der Emissionen erfolgt in INEMAR unter Verwendung der Gemeinde als kleinstem geografischen Gebiet. In der Realität sind die ursprünglichen Emissionsdaten nicht immer in diesem räumlichen Maßstab verfügbar, so dass das System auf so genannte „Proxies“ zurückgreift. In diesem Zusammenhang wird ein Proxy (wie z.B. Bevölkerungsdichte, Waldfläche usw.) als unterstützende Information mit einer bekannten geografischen Verteilung definiert, die dabei hilft, die Emissionsvariable auf die kommunale Ebene zu verteilen, indem eine Annäherung auf der Grundlage eines genau definierten Algorithmus akzeptiert wird. Neben dem offensichtlichen Vorteil, eine räumliche Verteilung der Emissionen zu ermöglichen, hat die Verwendung von Proxies jedoch auch einen Nachteil, wenn die unterstützende Variable zu grob ist, aber dennoch verwendet wird, weil keine besseren Informationen verfügbar sind. Trotz aller Einschränkungen ist die Verwendung von Proxies in Emissionskatastern weit verbreitet und gut etabliert. Im Allgemeinen gilt jedoch der Grundsatz, dass Emissionsdaten auf der Ebene der Provinz zuverlässiger sind, während die Unsicherheit zunimmt, je detaillierter die räumliche und die Emissionsklassifizierung sind.

Die Daten zu den Makroschadstoffen sind sehr zuverlässig in INEMAR enthalten, da ausreichende Informationen für die Berechnung der Emissionen zur Verfügung stehen. Im Gegensatz zu den Makroschadstoffen, für die ausreichend Informationen zur Emissionsberechnung vorliegen, sind die Emissionen der Mikroschadstoffe weniger genau. Bei CO₂ ist folgendes zu beachten: während es bei einigen Schadstoffen – z.B. NO₂ und Feinstaub – für Planungen und mögliche Reduzierungsmaßnahmen wichtig ist, die räumliche Verteilung möglichst genau zu berechnen, ist es bei CO₂ oft wichtiger, einen zeitlichen Trend zu analysieren. Eine möglichst detaillierte räumliche Beschreibung des global wirkenden Treibhausgases ist hier nicht zielführend. **INEMAR ist jedoch nicht darauf ausgelegt, ständig aktualisiert zu werden um zeitliche Vergleiche mit früheren Emissionskatastern zu ermöglichen.** Vielmehr dient es dazu, die Emissionen eines Bezugsjahres unter Verwendung aller relevanten verfügbaren Informationen möglichst genau zu bestimmen.

2 Klassifizierungen

Makroschadstoffe

Name	Summenformel	Einheit
Ammoniak	NH ₃	[t/Jahr]
Flüchtige Organische Verbindungen ohne Methan	NM VOC	[t/Jahr]
Kohlenmonoxid	CO	[t/Jahr]
Schwefeldioxid	SO ₂	[t/Jahr]
Feinstaub < 2.5 µm	PM _{2,5}	[t/Jahr]
Feinstaub < 10 µm	PM ₁₀	[t/Jahr]
Stäube insgesamt	TSP	[t/Jahr]
Stickstoffoxid	NO _x	[t/Jahr]

Treibhausgase

Name	Summenformel	Einheit
Kohlenstoffdioxid	CO ₂	[kt/Jahr]
Methan	CH ₄	[t/Jahr]
Distickstoffmonoxid	N ₂ O	[t/Jahr]

Mikroschadstoffe

ANORGANISCHE		
Name	Summenformel	Einheit
Arsen	As	[kg/Jahr]
Blei	Pb	[kg/Jahr]
Cadmium	Cd	[kg/Jahr]
Chrom	Cr	[kg/Jahr]
Kupfer	Cu	[kg/Jahr]
Mangan	Mn	[kg/Jahr]
Nickel	Ni	[kg/Jahr]
Quecksilber	Hg	[kg/Jahr]
Selen	Se	[kg/Jahr]
Zink	Zn	[kg/Jahr]
ORGANISCHE		
Name	Summenformel	Einheit
Benzo(a)pyren	Bap	[kg/Jahr]
Benzo(b)fluoranthren	BbF	[kg/Jahr]
Benzo(k)fluoranthren	BkF	[kg/Jahr]
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	PAK	[kg/Jahr]
Polychlorierte Biphenyle	PCB	[kg/Jahr]
Dioxine/Furane	PCDD/F	[mg/Jahr]

Zur Erstellung des Emissionskatasters wurden Emissionsquellen und damit die Verursacher der Emissionen erfasst. Anhand vorliegender Schadstoffmessungen, welche für einen Teil der genehmigungspflichtigen Anlagen jährlich durchzuführen sind, wird die im Bezugsjahr emittierte Schadstoffmenge berechnet. Liegen keine direkten Emissionsdaten vor, was für den Großteil der Quellen zutrifft, wird die jährliche Emissionsmenge mit Hilfe sogenannter Indikatoren oder statistischer Parameter (z.B. Produktionsmenge oder die

Wohnbevölkerung) und der stoff- sowie prozessspezifischen Emissionsfaktoren ermittelt. Außerdem können die Emissionsquellen, mit den dazugehörigen Emissionsdaten, zu Sektoren unterschiedlichen Detailgrades aggregiert und ausgegeben werden. Dabei wurde die europaweit angewandte CORINAIR-Klassifizierung CORINAIR / SNAP 97) verwendet, welche folgende Hauptgruppen unterscheidet:

Nr.	Hauptgruppe
1	Energieumwandlung (z.B. Fernheizwerke)
2	Nicht-industrielle Verbrennungsprozesse (z.B. der Hausbrand)
3	Industrielle Verbrennungsprozesse (z.B. die Schmelzöfen)
4	Produktionsprozesse (z.B. Prozesse zur Herstellung von Chemikalien)
5	Verteilung von Brenn- und Kraftstoffen (z.B. die Tankstellen)
6	Verwendung von Lösungsmitteln (z.B. bei Lackierungsarbeiten)
7	Straßenverkehr
8	Andere mobile Quellen und Maschinen (z.B. der Flugverkehr)
9	Abfallbehandlung und -entsorgung (z.B. Müllverbrennungsanlagen)
10	Landwirtschaft (z.B. der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln)
11	Biogene Quellen (z.B. Wälder)

Derzeit sind für Südtirol die Emissionskataster der Jahre 1997, 2000, 2004, 2005, 2007, 2010 2013, 2015, 2019 und 2022 verfügbar. ***Es ist wichtig, daran zu erinnern, dass bei der Erstellung der verschiedenen Emissionskataster-Ausgaben Aktualisierungen und neue Methoden angewandt wurden, die zu Abänderungen der Emissionsfaktoren und zur Gliederung in neue Tätigkeiten geführt haben. In bestimmten Sektoren sind die Emissionsdaten der einzelnen Berichtsjahre daher nicht direkt miteinander vergleichbar.***

Ab dem Emissionskataster 2005 wurde zur Berechnung und Verwaltung der Emissionsdaten das System INEMAR (Inventario delle Emissioni in Aria) verwendet. Die Berechnung der Emissionen in die Atmosphäre wurde für punktuelle, lineare und diffuse Emissionen vorgenommen und anschließend nach Gemeinde und Brennstoff zusammengefasst.

Nachfolgend werden die Emissionsdaten des Jahres 2022 im tabellarischen Vergleich mit den vorausgehenden Emissionskatastern dargestellt:

Makroschadstoffe und Treibhausgase

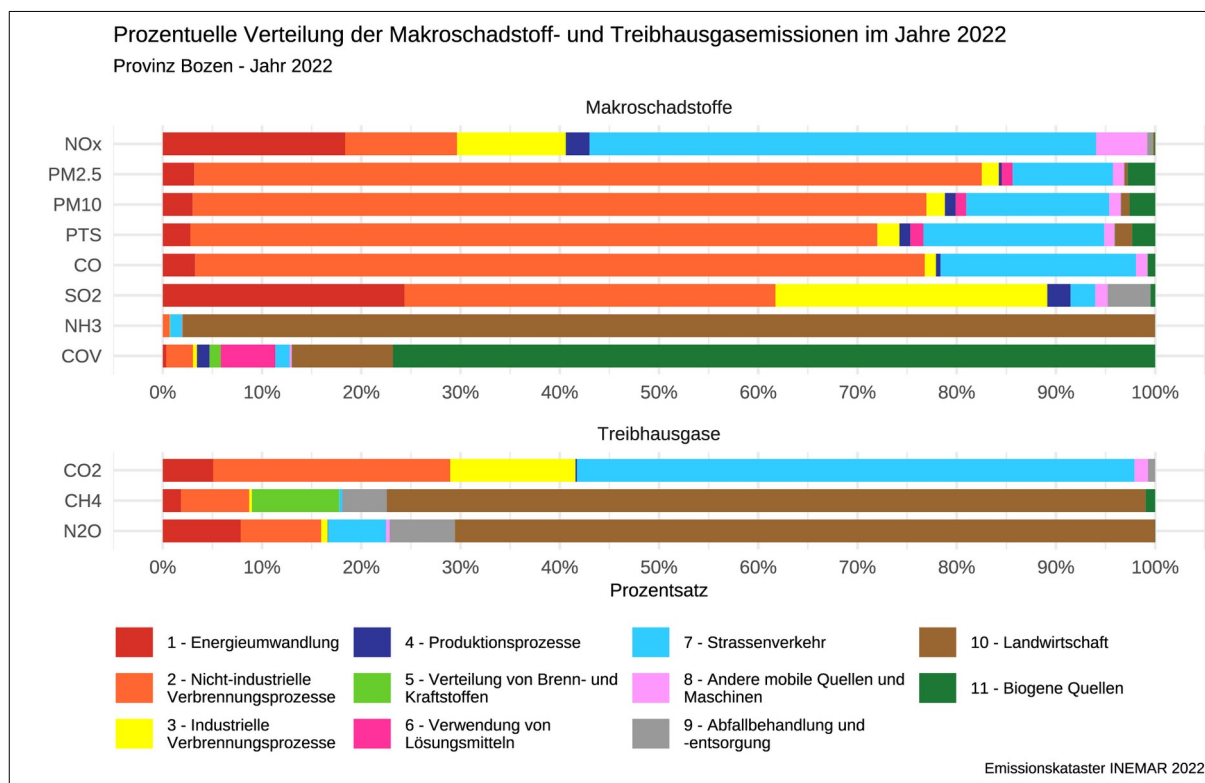


Abbildung 1: Prozentuelle Verteilung der Makroschadstoff- und klimarelevanten Gasemissionen im Jahre 2022¹

Das in der Grafik dargestellte CO₂ ist das Netto-CO₂ und berücksichtigt nicht die Absorption.

Aus der Grafik der Makroschadstoffe ist erkennbar, dass der Straßenverkehr und die nicht-industriellen Verbrennungsprozesse (insbesondere der Hausbrand) den Großteil der Emissionen verursachen.

Vor allem in Anbetracht des Schadstoffes NO_x ist wichtig zu betonen, dass der Straßenverkehr allein einen Anteil an den Stickoxidemissionen von fast 51 % hat. Der nicht-industrielle Verbrennungsprozesse (Hauptgruppe 02) ist für 73,9% der gesamten PM₁₀-Emissionen verantwortlich (davon 96,1% aus Biomasseanlagen von Privathaushalten). Die Emissionen aus der Landwirtschaft (Hauptgruppe 10) haben den größten Anteil an den NH₃-Emissionen (97,9% der gesamten NH₃-Emissionen) und an den N₂O-Emissionen (70,5% der gesamten N₂O-Emissionen); beide sind hauptsächlich auf die Entsorgung von Viehabfällen zurückzuführen. Die CH₄-Emissionen der Hauptgruppe 10 (76,5% der gesamten CH₄-Emissionen) sind hauptsächlich auf die enterische Fermentation von Rindern zurückzuführen. Die CO₂-Emissionen stammen zu 56,2% aus dem Straßenverkehr, zu 23,9% aus der nicht-industriellen Heizung (d.h. Heizung im Dienstleistungssektor und in Privathaushalten), zu 12,6% aus der industriellen Verbrennung und schließlich aus der Verbrennung zur Energieumwandlung (5,1%).

¹ Sofern nicht anders angegeben, bezieht sich der Begriff CO₂ auf "Netto-CO₂" (siehe Seite 23)

Hauptgruppe	Makroschadstoff								
	Jahr	CO [t]	COV [t]	NH ₃ [t]	NO _x [t]	PM10 [t]	PM2.5 [t]	PTS [t]	SO ₂ [t]
Energieumwandlung	2013	448	79	-	1142	124	119	131	49
	2015	479	99	-	1059	122	118	127	50
	2019	493	101	-	1206	116	112	120	57
	2022	562	118	-	1134	52	51	54	53
Nicht-industrielle Verbrennungsprozesse	2013	11531	833	30	665	1134	1120	1194	132
	2015	11337	808	30	599	1128	1114	1187	122
	2019	12410	879	34	592	1234	1218	1299	72
	2022	12667	914	35	696	1275	1259	1342	82
Industrielle Verbrennungsprozesse	2013	123	64	1	338	21	19	24	175
	2015	101	56	0	319	14	13	16	106
	2019	92	45	0	491	13	12	14	68
	2022	46	134	1.5	677	32	27	43	60
Produktionsprozesse	2013	47	193	-	5	44	16	50	3
	2015	66	174	-	7	23	7	26	4
	2019	76	201	0	8	28	9	32	5
	2022	80	430	-	148	19	5	22	5
Verteilung von Brenn- und Kraftstoffen	2013	-	314	-	-	-	-	-	-
	2015	-	259	-	-	-	-	-	-
	2019	-	351	-	-	-	-	-	-
	2022	-	380	-	-	-	-	-	-
Verwendung von Lösungsmitteln	2013	-	1445	-	-	15	14	20	-
	2015	-	1419	-	-	7	7	9	-
	2019	-	1499	-	-	6	6	8	-
	2022	-	1864	-	-	18	18	25	-
Straßenverkehr	2013	4797	965	63	4804	309	229	405	8
	2015	4894	815	58	4522	278	202	373	2
	2019	3312	608	48	3408	230	158	325	5
	2022	3389	483	56	3149	248	160	353	5
Andere mobile Quellen und Maschinen	2013	350	68	0	553	31	29	31	4
	2015	474	109	0	939	51	48	51	5
	2019	361	69	0	495	29	26	29	4
	2022	199	74	0	317	20	18	20	3
Abfallbehandlung und -entsorgung	2013	11	3	3	24	1	1	1	5
	2015	3	1	3	22	0	0	0	1
	2019	5	1	3	28	0	0	0	2
	2022	8	3	7	38	1	1	1	9
Landwirtschaft	2013	-	3899	5138	12	16	5	39	-
	2015	-	3899	5101	8	16	5	39	-
	2019	-	3453	5092	9	16	5	39	-
	2022	-	3445	4803	7	14	5	34	-
Biogene Quellen	2013	39	26521	0	2	38	38	38	0
	2015	37	26520	0	2	37	37	37	0
	2019	38	25995	0	2	38	38	38	0
	2022	128	25958	1	5	45	44	45	1
Gesamt	2013	17347	34383	5234	7544	1733	1590	1933	376
	2015	17392	34158	5192	7476	1675	1551	1864	290
	2019	16786	33201	5177	6237	1709	1584	1904	213
	2022	17227	33801	4904	6171	1724	1586	1937	218
Variation	13-15	0%	-1%	-1%	-1%	-3%	-2%	-4%	-23%
	15-19	-3%	-3%	0%	-17%	2%	2%	2%	-26%
	19-22	3%	2%	-5%	-1%	1%	0%	2%	2%
Hauptgruppe	Jahr	CO [t]	COV [t]	NH₃ [t]	NO_x [t]	PM10 [t]	PM2.5 [t]	PTS [t]	SO₂ [t]

Tab. 1: Makroschadstoffemissionen der Jahre 2013, 2015, 2019 und 2022

Hauptgruppe	Jahr	Treibhausgas		
		Netto-CO ₂ [kt]	CH ₄ [t]	N ₂ O [t]
Energieumwandlung	2013	106	183	56
	2015	108	256	57
	2019	113	252	68
	2022	115	308	57
Nicht-industrielle Verbrennungsprozesse	2013	569	986	53
	2015	473	979	52
	2019	405	1101	55
	2022	542	1144	60
Industrielle Verbrennungsprozesse	2013	260	7	3
	2015	261	13	3
	2019	311	15	3
	2022	287	46	5
Produktionsprozesse	2013	2	0	0
	2015	3	1	0
	2019	3	1	0
	2022	3	1	0
Verteilung von Brenn- und Kraftstoffen	2013	-	3104	-
	2015	-	2747	-
	2019	-	1538	-
	2022	-	1460	-
Straßenverkehr	2013	1179	88	39
	2015	1139	69	39
	2019	1108	50	42
	2022	1276	53	43
Andere mobile Quellen und Maschinen	2013	51	2	5
	2015	86	2	6
	2019	47	1	4
	2022	31	1	3
Abfallbehandlung und -entsorgung	2013	12	1937	31
	2015	15	1711	37
	2019	18	1124	47
	2022	16	747	48
Landwirtschaft	2013	-	13384	553
	2015	-	13384	541
	2019	-	13384	544
	2022	-	12719	516
Biogene Quellen	2013	-	144	0
	2015	-	144	0
	2019	-	144	0
	2022	-	159	0
Gesamt	2013	2179	19835	741
	2015	2085	19307	735
	2019	2004	17611	763
	2022	2271	16637	732
Variation	13-15	-4%	-3%	-1%
	15-19	-4%	-9%	4%
	19-22	13%	-5%	-4%
Hauptgruppe	Jahr	Netto-CO ₂ [kt]	CH ₄ [t]	N ₂ O [t]

Tab. 2: Treibhausgasemissionen der Jahre 2013, 2015, 2019 und 2022 (die Verbrennung von Biomasse wird als neutral betrachtet und die CO₂-Emissionen als gleich Null berechnet). Das in der Grafik dargestellte CO₂ ist das Netto-CO₂ und berücksichtigt nicht die Absorption.

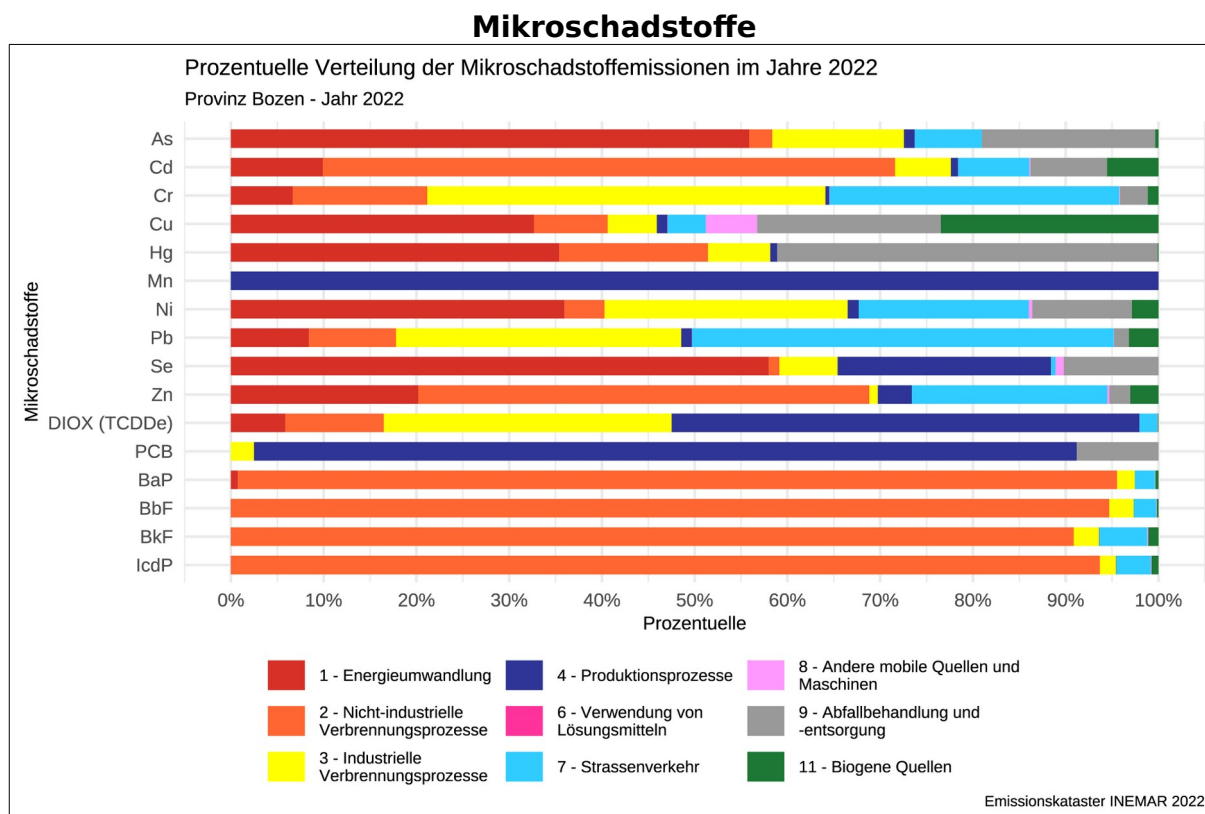


Abbildung 2: Prozentuelle Verteilung der Mikroschadstoffemissionen im Jahre 2022

Die Hauptgruppe mit den meisten Mikroschadstoffemissionen ist die Hauptgruppe 02 – Nicht-industrielle Verbrennungsprozesse (verantwortlich für 48,9% der gesamten Mikroschadstoffemissionen), gefolgt von Hauptgruppe 07 – Straßenverkehr (verantwortlich für 19,8% der gesamten Mikroschadstoffemissionen) und Hauptgruppe 01 – Energieumwandlung (verantwortlich für 14,0% der gesamten Mikroschadstoffemissionen).

Die Ausnahmen sind PCB und Mangan, die fast ausschließlich in der Hauptgruppe 04 – Produktionsprozesse erzeugt werden. Diese Hauptgruppe ist auch für 23,0% der gesamten Selenemissionen und 50,5% der gesamten Dioxinemissionen verantwortlich.

3 Schadstoffe

Ein genaueres Bild der Emissionen ergibt sich aus der nachstehenden Analyse der einzelnen Luftschadstoffe.

3.1 Stickstoffoxide (NO_x)

Stickoxide (NO und NO₂) belasten die menschlichen Atmungsorgane und tragen ebenfalls zur Entstehung des sauren Regens bei. Eine wesentliche Bedeutung spielen sie zudem bei der Bildung von Sekundärpartikeln in der Atmosphäre und der Entstehung des bodennahen Ozons (O₃).

NO_x werden vor allem bei Verbrennungsvorgängen gebildet, hauptsächlich bei hohen Temperaturen. Hauptquelle ist der Straßenverkehr (Abbildung 3), bei dem die stetig restriktiveren europäischen Grenzwerte für Kraftfahrzeuge zu wichtigen Verbesserungen bei Motoren und bei der Abgasbehandlung führen.

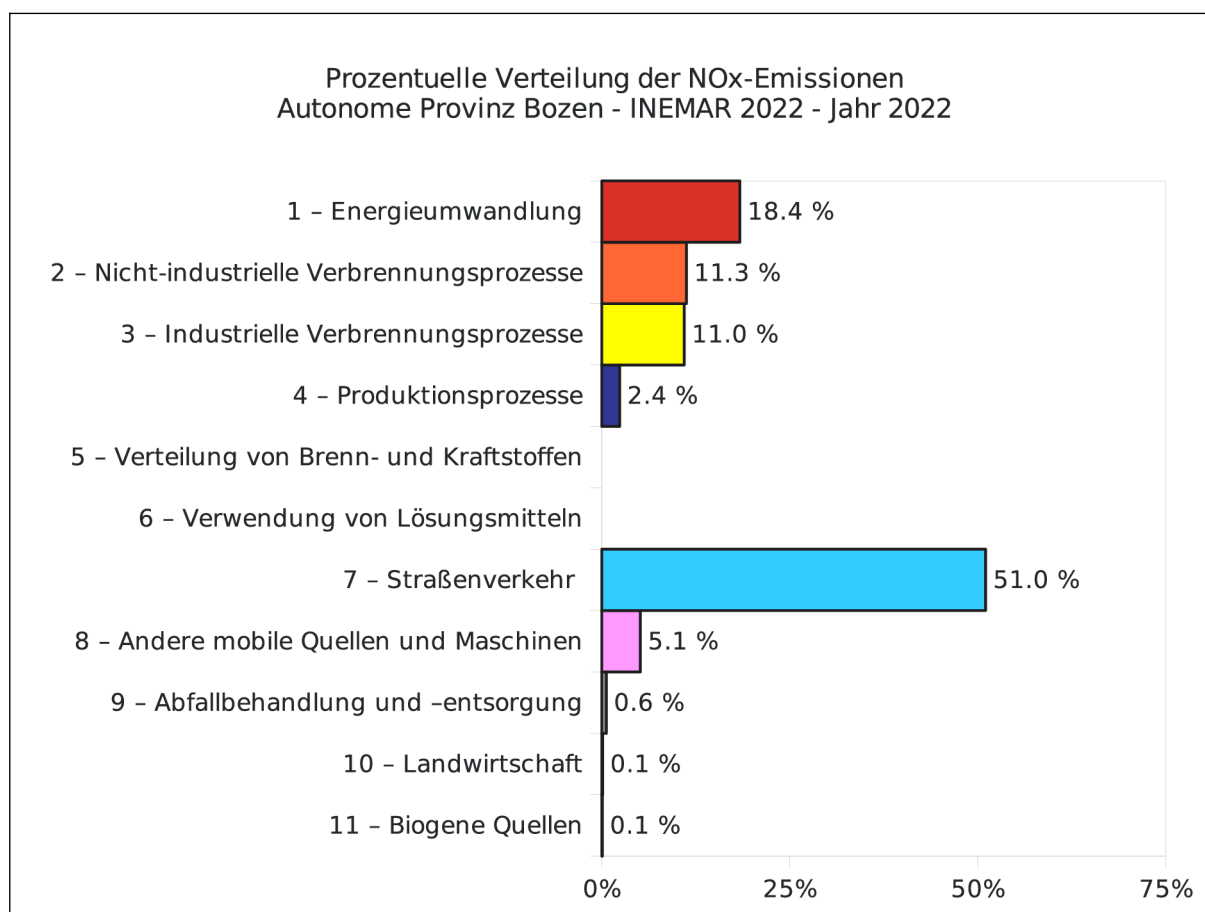


Abbildung 3: Prozentuelle Verteilung der NO_x-Emissionen (Jahr 2022)

Die signifikantesten Verbesserungen im Bereich der Emissionsverringering gehen auf die so genannten „Euro-Klassen“ und insbesondere – hinsichtlich der NO_x -Emissionen – auf die Bestimmungen bezüglich der Euro-Klasse 6 zurück, da sie bedeutende Verringerungen der NO_x -Emissionen auferlegen.

Im Leicht- und Schwerverkehrssektor sind die meisten Euro 6- LKW's bereits heute mit einem effizienten Filtersystem zur Begrenzung der NO_x -Emissionen ausgestattet (SCR – Selective Catalytic Reduction). Dabei werden die Stickoxide durch Einspritzung einer Harnstofflösung (AdBlue) in Stickstoff und Wasser umgewandelt.

Bereits erwähnt wurde der starke Einfluss des Straßenverkehrs auf die Gesamtemissionen von NO_x . Von besonderer Bedeutung hierbei ist die A22 von Brenner bis Salurn, welche die mit Abstand meistbefahrene Verkehrsachse darstellt: 47% der insgesamt auf dem südtiroler Abschnitt der A22 emittierten NO_x -Menge wird dabei durch den Schwerverkehr verursacht.

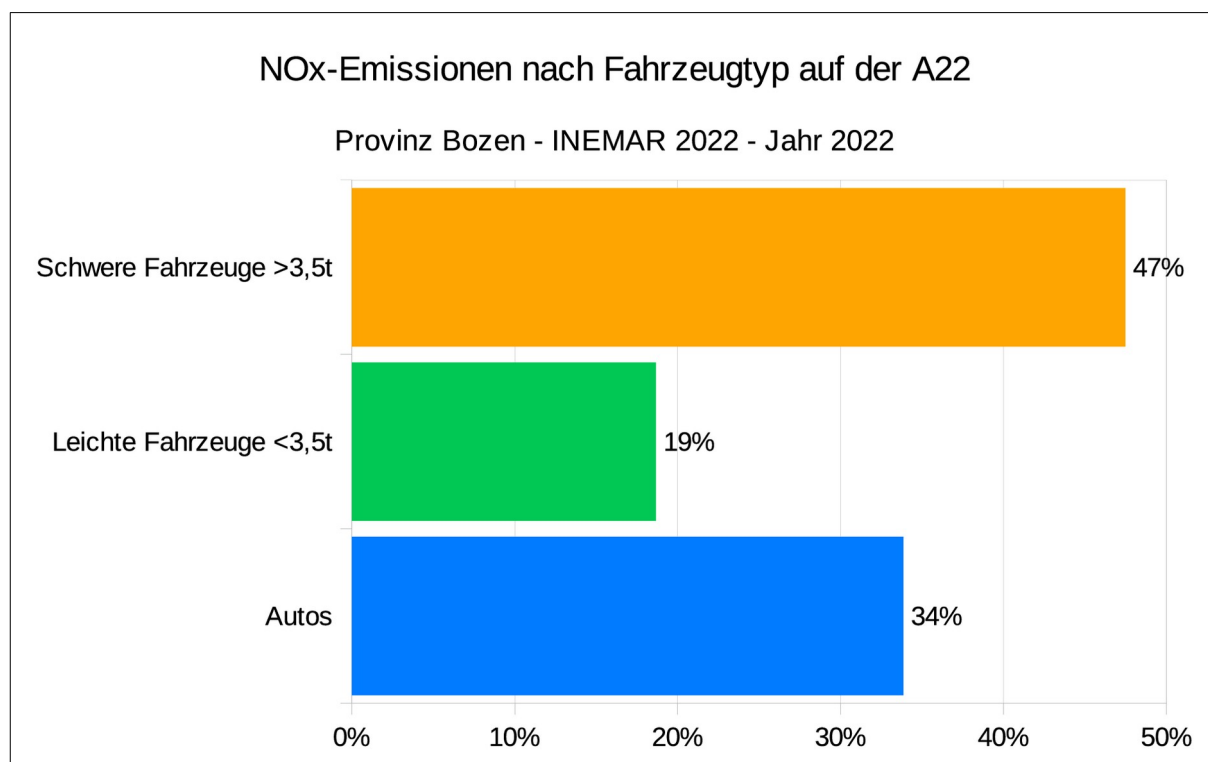


Abbildung 4: Anteil unterschiedlicher Fahrzeugtypen an der NO_x Emission der A22 (Jahr 2022)

Das Verhältnis zwischen den Emissionen der Schwerfahrzeuge und jenen der Leichtfahrzeuge wird in den kommenden Jahren eine Änderung erfahren, da die Erneuerung des Fuhrparks der auf der Autobahn fahrenden Schwerfahrzeuge viel schneller erfolgt als bei den Pkw.

Auf jeden Fall sind auf der Brennerachse derzeit sowohl bei den leichten als auch bei den schweren Fahrzeugen Euro-6-Fahrzeuge vorherrschend.

Die Bedeutung der verkehrsbedingten Emissionen auf der Brennerautobahn für die Gesamtbilanz der NO_x -Emissionen wird deutlich, wenn man sie mit den anderen Straßen des Landes vergleicht.

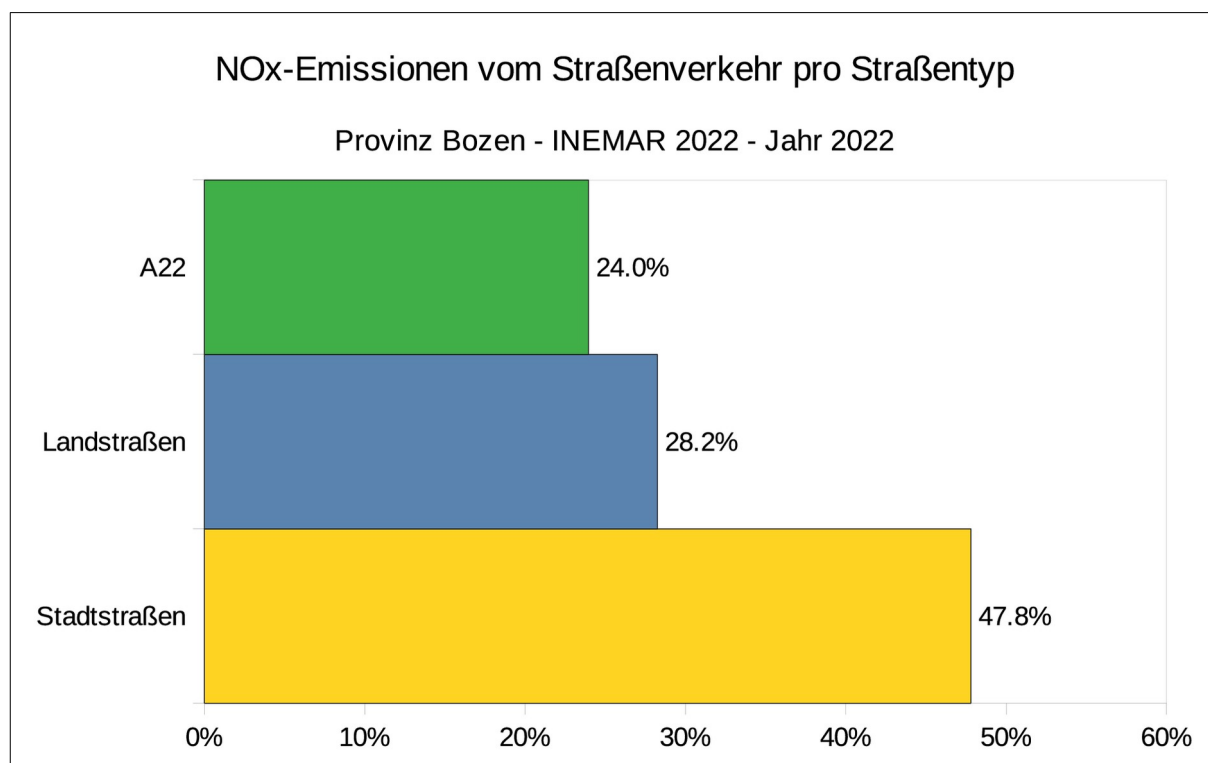


Abbildung 5: Anteil unterschiedlicher Straßentypen an der Emission von NO_x (Jahr 2022)

Die MeBo trägt zu 2.2% der NO_x -Emissionen des Straßenverkehrs bei.

Abbildung 6 zeigt die räumliche Verteilung der NO_x -Emissionen von Südtirol. Deutlich zu erkennen sind die vielbefahrenen Straßen.

Stickstoffoxide werden von Verbrennungsanlagen zum größten Teil als NO emittiert und in der Atmosphäre zu NO_2 umgewandelt. Die wichtigste Reaktion dabei ist jene von NO mit O_3 zu NO_2 und O_2 . So kann sich eine hohe NO-Konzentration positiv auf den Abbau des bodennahen Ozons auswirken, allerdings ist gleichzeitig eine höhere NO_2 -Konzentration zu erwarten. Gegenläufig dazu wirken die Abbaureaktion von NO_2 zu NO mit Hilfe der Sonnenstrahlung und die Bildung von Ozon durch Sauerstoffradikale. Diese Zusammenhänge führen dazu, dass hohe oder niedrige NO bzw. NO_2 -Belastungen nicht alleine auf das Fehlen oder Vorhandensein von Emissionsquellen zurückzuführen sind.

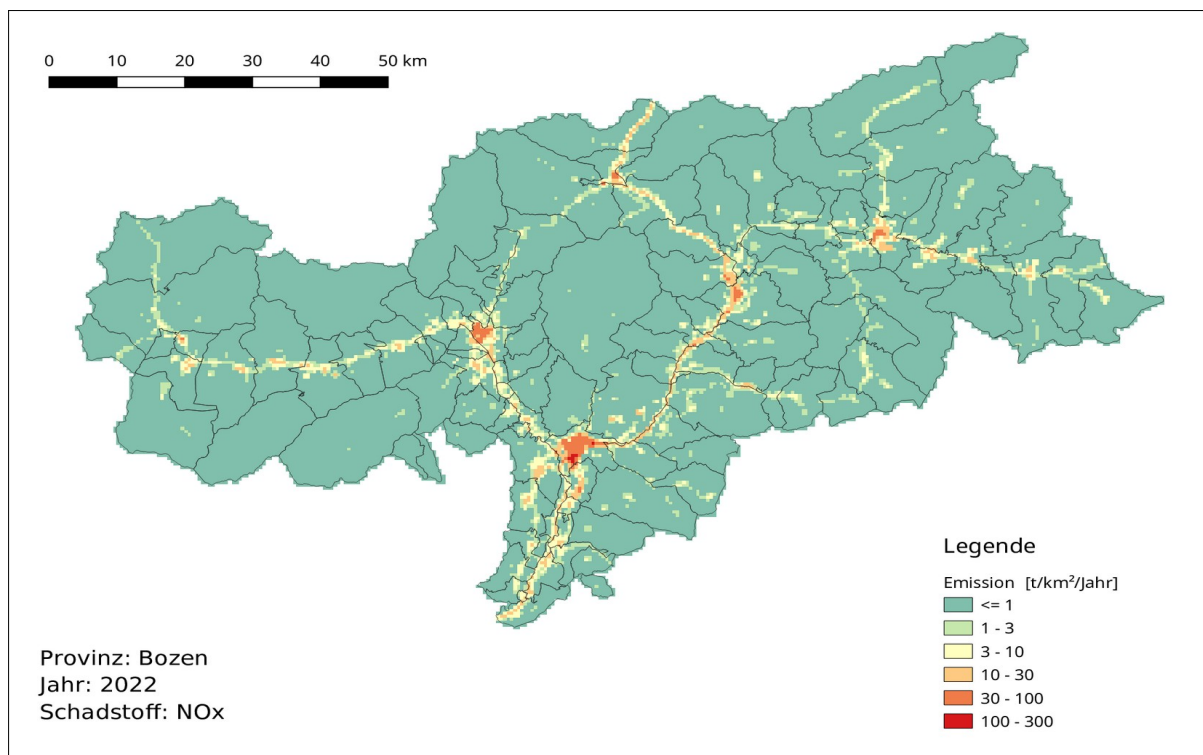


Abbildung 6: Räumliche Verteilung der NO_x-Emissionen im Jahre 2022

3.2 Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5})

Per Definition sind PM₁₀ und PM_{2.5} Partikel, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 bzw. 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50% aufweist. Partikel dieser Größe sind besonders gesundheitsschädlich, da sie bis tief in die Lunge gelangen können. Deren Zusammensetzung ist sehr verschiedenartig und hängt stark vom Entstehungsprozess ab: Rußpartikel aus den Diesel-Fahrzeugen, der Verbrennung von Holz, Pollen der Pflanzen oder Saharastaub sowie sekundäre Partikel, welche sich z.B. durch die Freisetzung von Ammoniak aus landwirtschaftlichen Prozessen bilden können, sind nur ein Auszug aus der Vielzahl an unterschiedlichen Staubteilchen in der Atmosphäre. Die Inhaltsstoffe der Teilchen sind auch bestimmend für deren Gefährdungspotential: So wirken sich etwa mit giftigen Metallen oder polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) versetzte Partikel besonders negativ auf die menschliche Gesundheit aus. Ein weiterer Aspekt in Bezug auf die Gefährlichkeit von Feinstaub ist dessen Größe, wobei die kleinsten Teilchen bis in die Lungenbläschen penetrieren können. Aus diesem Grunde ist auch die Untersuchung des Schadstoffen PM_{2.5} sehr wichtig.

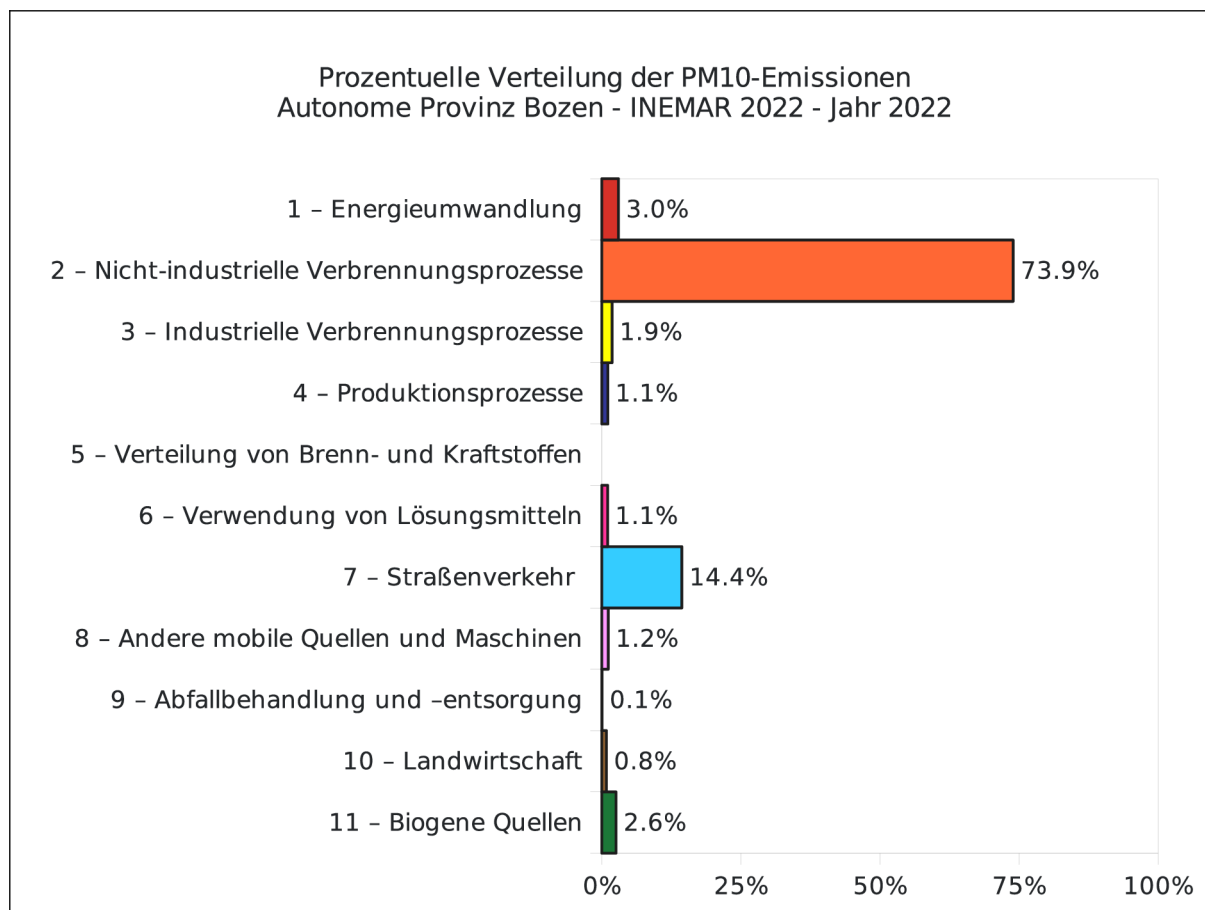


Abbildung 7: Prozentuelle Verteilung der PM10-Emissionen (Jahr 2022)

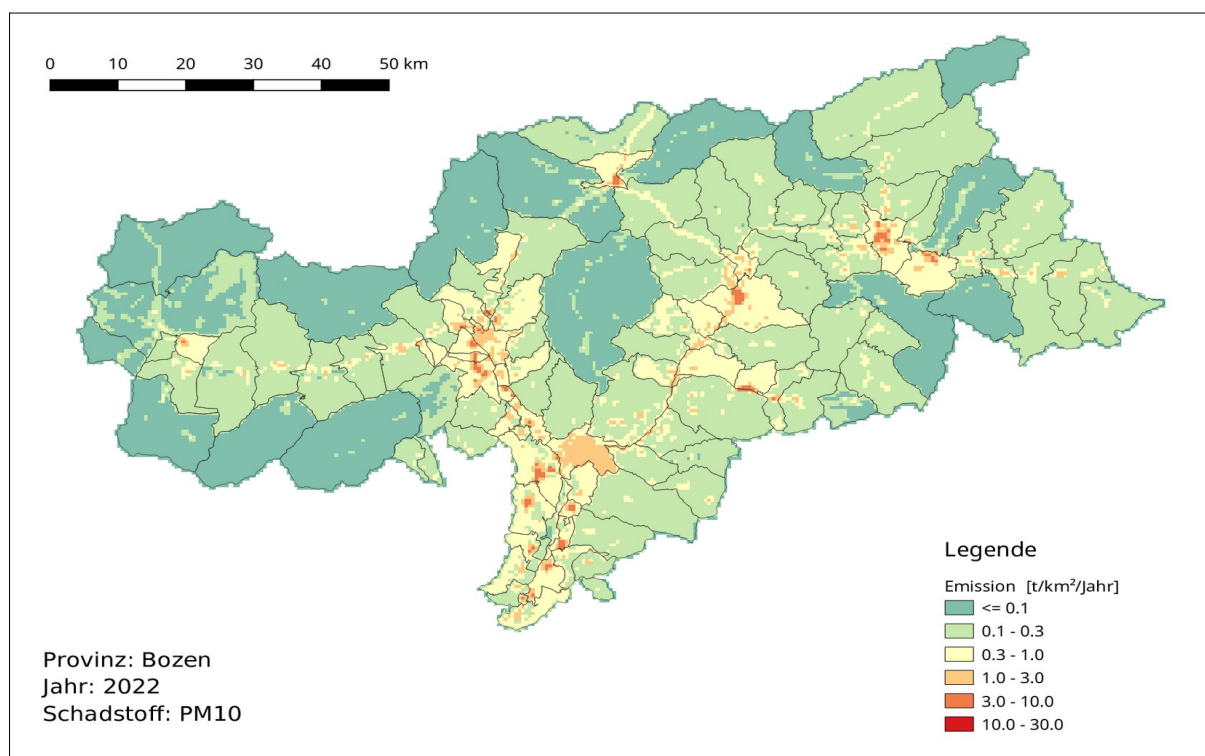


Abbildung 8: Räumliche Verteilung der PM10-Emissionen im Jahre 2022

Die Holzverbrennung ist in Landgemeinden viel stärker verbreitet als in stark städtisch geprägten Gemeinden. Vergleicht man nun den PM10- Ausstoß einer stark ländlich geprägten Gemeinde mit einem Stadtgebiet (Bozen), erhält man zwei deutlich verschiedene Emissionsbilanzen in Bezug auf die Emissionsquellen, die für den PM10- Ausstoß am meisten verantwortlich sind. Auch die räumliche Verteilung der Feinstaubemissionen macht ersichtlich, dass der eigentlich zu erwartende große Unterschied zwischen Ortschaften mit hohem Verkehrsaufkommen oder einer hohen Bevölkerungsdichte (etwa Bozen oder Meran) und Landgemeinden zum Teil durch die starke Verbreitung von Holzöfen in ländlichen Gebieten ausgeglichen wird. Bei einem Vergleich der Emissionsmappen von NO_x und PM10 wird dieser Unterschied klar deutlich.

Als Beispiel stellt die folgende Grafik die Werte der PM10-Emissionen geteilt nach Makrosektoren des INEMAR-Inventars 2022 für die Gemeinden Latsch und Bozen dar.

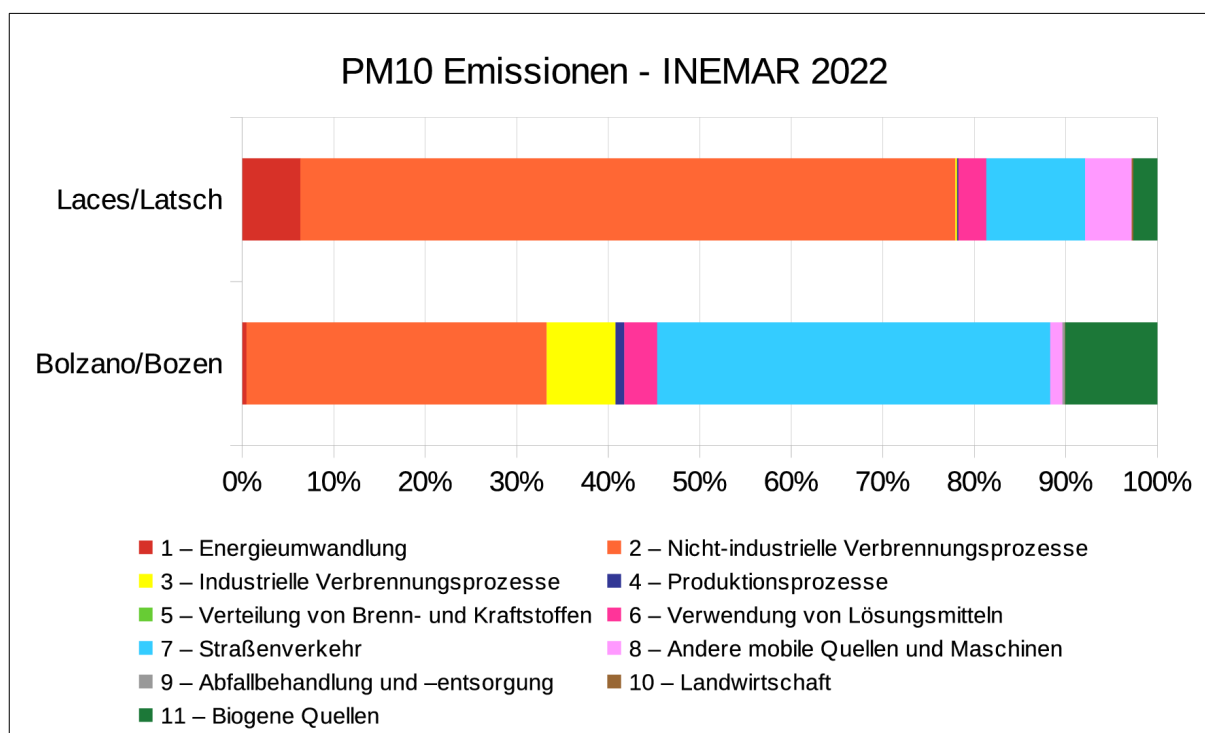


Abbildung 9: Vergleich der PM10-Emissionen nach Typ der Emissionsquelle in den Gemeinden Latsch und Bozen (2022)

3.3 Ammoniak (NH₃)

Ammoniak ist ein farbloses und stark riechendes Gas, welches giftig ist. Es entsteht insbesondere bei der Zersetzung tierischer Exkremente. Laut Emissionskataster wird somit der Großteil dieser Emissionen von der Landwirtschaft verursacht. In der Luft reagiert NH₃ mit Säuren und bildet die entsprechenden Salze aus (Ammoniumsalze), welche als sekundäre Partikel wiederum an der Feinstaubbelastung beteiligt sind.

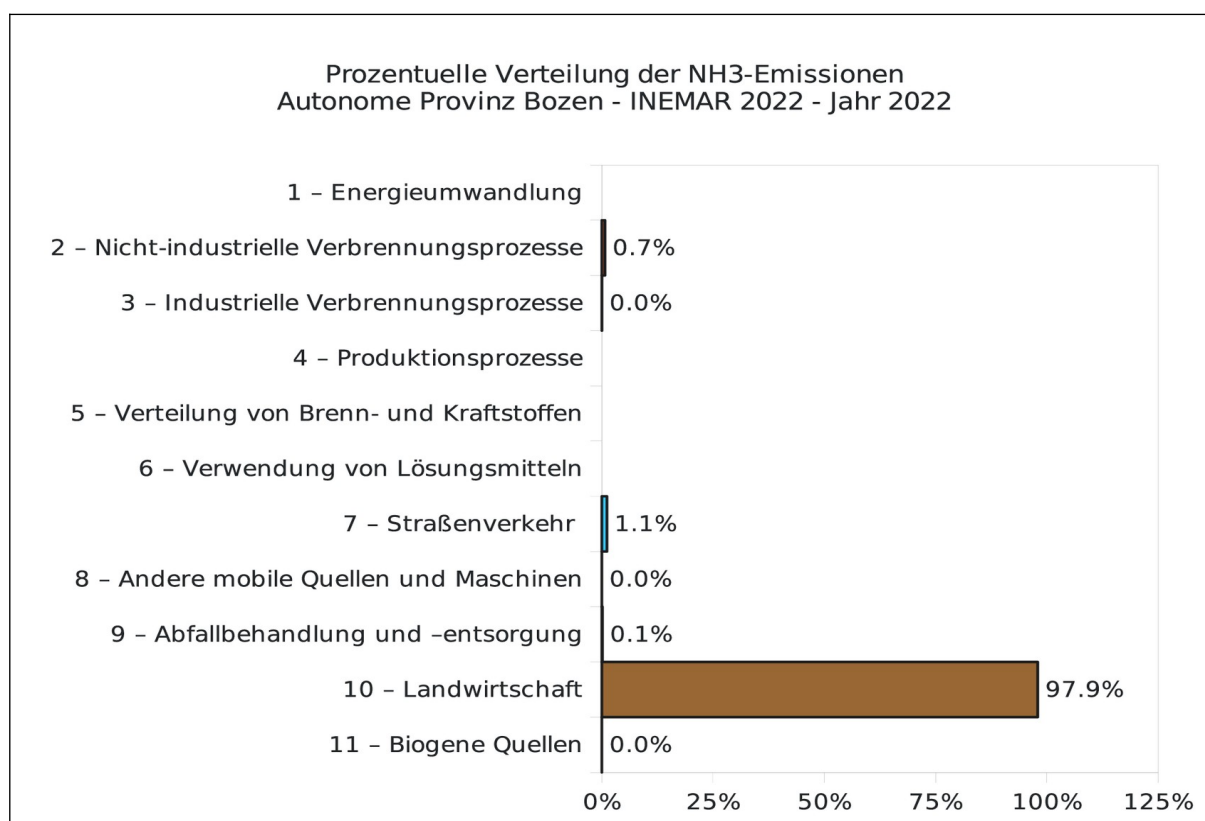


Abbildung 10: Prozentuelle Verteilung der NH₃-Emissionen (Jahr 2022)

3.4 Flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Als flüchtige organische Verbindungen werden organische, also kohlenstoffhaltige Stoffe verstanden, welche leicht verdampfen bzw. bereits bei niedrigen Temperaturen als Gas vorliegen. Bei der Abkürzung NMVOCs (non methane volatile organic compounds) wird das Gas Methan (CH_4) aus der Gruppe der VOCs ausgeklammert. Relevant sind die flüchtigen organischen Verbindungen v.a. als Vorläufersubstanzen für die Bildung von bodennahem Ozon.

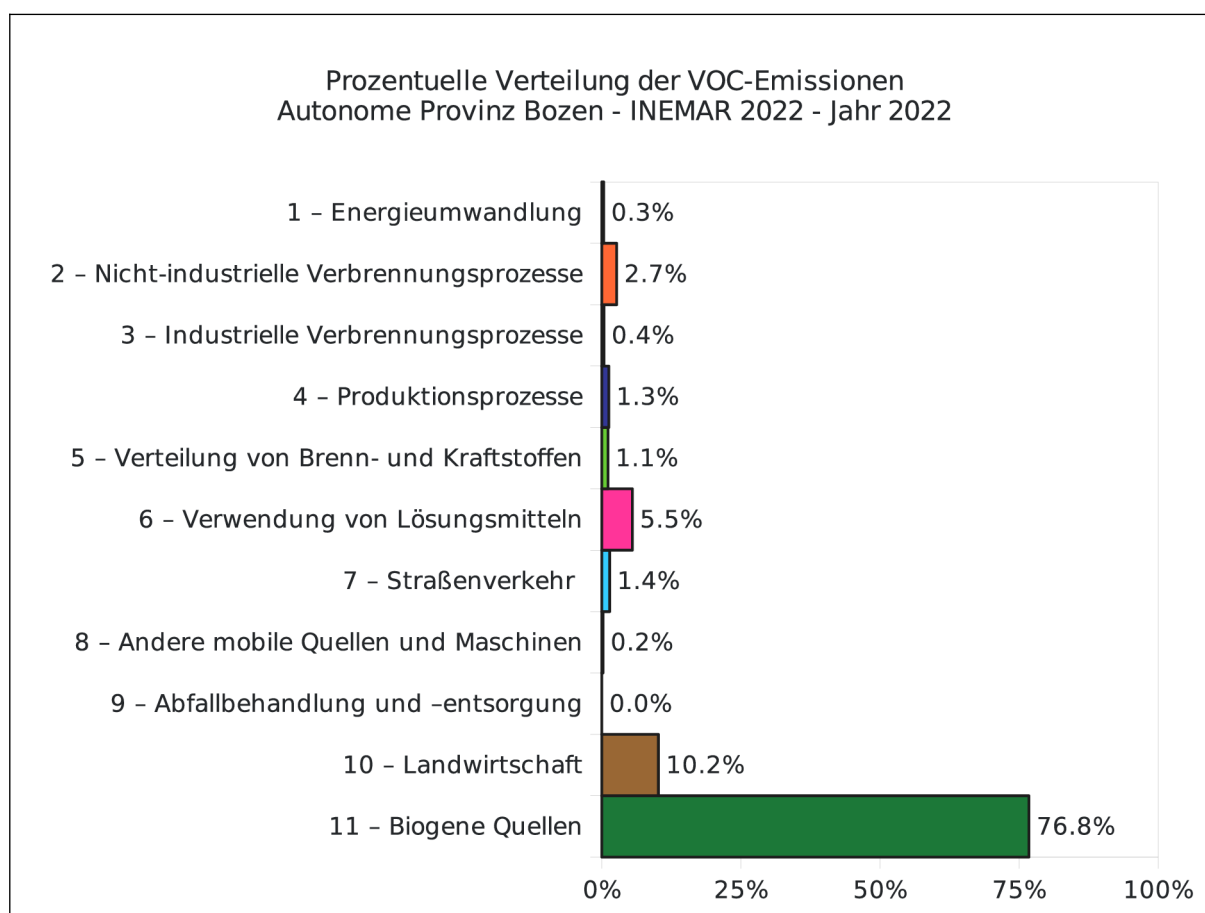


Abbildung 11: Prozentuelle Verteilung der VOC-Emissionen (Jahr 2022)

In der Gruppe der VOC finden wir auch das Benzol, für welches die Normen auch einen Grenzwert für die Luftqualität vorsehen. Es handelt sich um einen farblosen, flüssigen Stoff mit charakteristischem Geruch, welcher dem Benzin hinzugefügt wird, um dessen Oktanzahl zu erhöhen. Da er leicht verdunstet, kommt es zu Benzolemissionen beim Auftanken an Tankstellen oder einfach bei seiner Verwendung als Kfz-Treibstoff.

In Südtirol sind der Wald und die Landwirtschaft die Hauptverursacher der VOC-Emissionen. Vor allem Nadelbäume geben Terpene und andere, zu dieser

Stoffgruppe zählende Naturstoffe ab. Anthropogen bedingte VOC-Emissionen sind hauptsächlich auf unvollständige Verbrennungsprozesse im Hausbrand und dem Straßenverkehr sowie auf die Verwendung von Lösungsmitteln, Farben und Lacken zurückzuführen.

Durch Einführung der Richtlinie 1999/13/EG über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen von bestimmten Tätigkeiten und Anlagen, eine verstärkte Lösungsmittelrückgewinnung in gewerblichen Prozessen, die Gasrückführung auf den Tankstellen, die Verwendung von lösemittelfreien Lacken sowie Verbesserungen in der Motor- und Katalysatortechnik hatten in den letzten Jahrzehnten einen deutlichen Rückgang der VOC-Emissionen zur Folge.

3.5 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Die Stoffgruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe umfasst mehrere hundert Einzelsubstanzen, deren Gemeinsamkeit das aus mehreren Benzolringen bestehende Molekülgerüst ist. Genauso wie Kohlenmonoxid werden PAK hauptsächlich bei unvollständigen Verbrennungsprozessen gebildet. Mehrere PAK wurden von der Organisation IARC (1987) als möglicherweise krebserregend eingestuft, während Benzo(a)pyren als nachweislich kanzerogen klassifiziert ist. Dies ist ein Mitgrund, weshalb B(a)P als Leitsubstanz für die gesamten PAK gewählt wurde und somit auch in den Luftmessstationen gemessen wird.

Die wichtigste Quelle polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe stellt in Südtirol der Hausbrand dar. Insbesondere kleinere Holzöfen, welche in den meisten Fällen über keine automatische Brennstoffzufuhr und Luftregulierung verfügen, neigen zu einer unterstöchiometrischen und somit unvollständigen Verbrennung, was zu einem erhöhten Ausstoß dieses Schadstoffes führt.

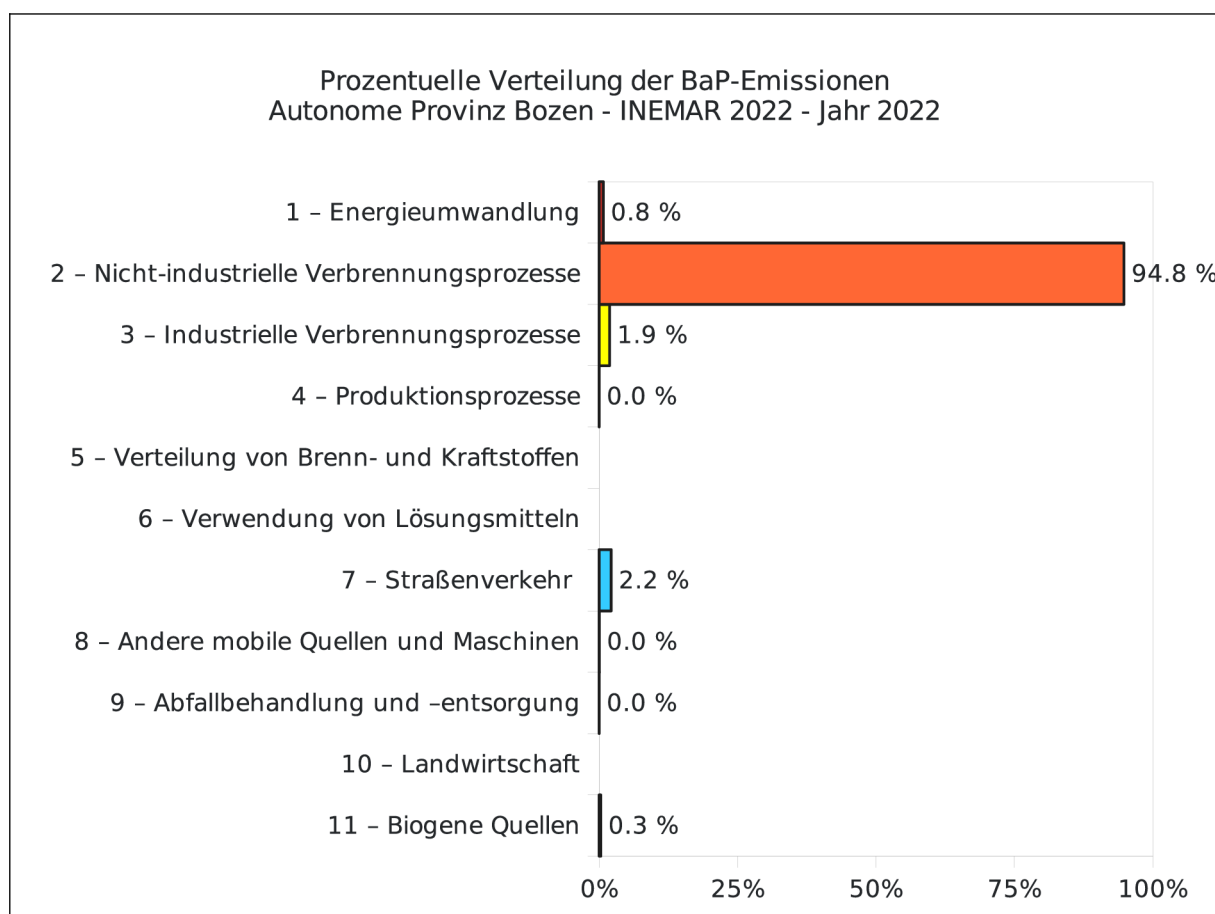


Abbildung 12: Prozentuelle Verteilung der B(a)P-Emissionen (Jahr 2022)

3.6 Schwermetalle

Hohe Schwermetallkonzentrationen treten normalerweise in der Nähe von größeren Industriestandorten auf, wie sie in Südtirol nicht vorzufinden sind. Lediglich in der Gewerbezone der Gemeinde Bozen befinden sich einzelne größere Industriebetriebe, wie etwa die Stahlwerke Valbruna. Zudem wurden durch Einsatzverbot von verbleitem Benzin und dem hierzulande nicht zulässigen Einsatz von Kohle als Brennstoff sowie den verstärkten Einbau von Staubfiltern in Industrie- und Gewerbebetrieben wesentliche Maßnahmen zur Reduktion der Schwermetallemissionen unternommen.

4 Treibhausgase

Treibhausgase tragen durch ihren Treibhauseffekt zur Erwärmung der Erdoberfläche bei.

Der bedeutsamste Stoff für dieses Phänomen ist das Kohlendioxyd, CO₂, aber auch andere Stoffe, wie das Methan und das Distickstoffmonoxid können auch wenn sie in geringeren Mengen emittiert werden, einen erheblichen Beitrag leisten.

4.1 Brutto- und Netto-CO₂

Im Rahmen des Emissionskatasters werden als Brutto-CO₂-Emissionen alle Kohlendioxydemissionen gerechnet einschließlich jener aufgrund der Verbrennung von erneuerbaren Brennstoffen, wie den Biomassen, welche im Allgemeinen in den Treibhausgasbilanzen nicht berücksichtigt werden; per Definition unterscheiden sich diese Brutto-Emissionen von den CO₂-Netto-Emissionen, worunter man jene versteht, die von nicht erneuerbaren Energiequellen emittiert werden.

Diese Unterscheidung wird vorgenommen, da die Verbrennung von Biomassen keine zusätzlichen CO₂-Emissionen in die Atmosphäre mit sich bringt, weil die Biomasse ein biogener Brennstoff ist, d.h. durch Photosynthese aus dem bereits in der Atmosphäre vorhandenen Kohlenstoff erzeugt wird. Dagegen wird durch industrielle Produktionsprozesse durch Kontakt oder durch die Verbrennung fossiler Treibstoffe neues CO₂ in die Atmosphäre emittiert, das von Kohlenstoff stammt, der zuvor mit anderen chemischen Elementen verbunden war und zum Beispiel den im Untergrund lagernden Brennstoff bildete oder den Rohstoff, aus dem die Nebenprodukte gewonnen werden (wie beim Prozess der Dekarbonatisierung des Zements).

Wenn nicht ausdrücklich angegeben, wird auf das Netto-CO₂ verwiesen.

Die Grafik in Abbildung 13 führt die Brutto-CO₂-Emissionen an; man kann feststellen, dass die beiden am stärksten vertretenen Sektoren der Verkehr und der Hausbrand sind. Hinsichtlich der Beiträge zu den Netto-CO₂-Emissionen, die in Abbildung 14 angeführt werden, kann eine vorwiegende Rolle des Verkehrs festgestellt werden, während die Sektoren Hausbrand und Energieerzeugung, bei denen die mit der Verbrennung von Holzbiomassen verknüpften Emissionen nicht miteingerechnet werden, ein geringeres Gewicht haben. Bewertet man den Einfluss der einzelnen Straßentypen auf die Netto-CO₂-Emissionen, stellt man fest, dass die Autobahn ungefähr ein Viertel ausmacht (Abbildung 15).

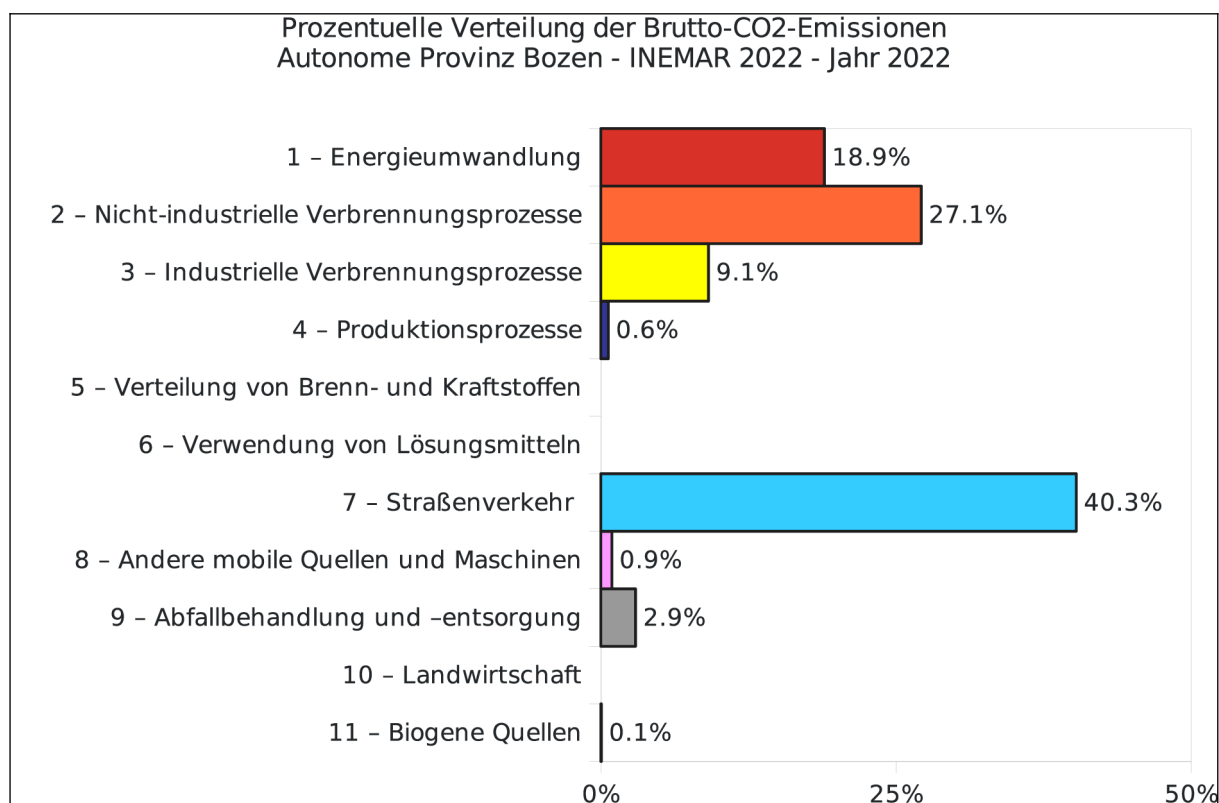


Abbildung 13: Prozentuelle Verteilung der Brutto-CO₂-Emissionen (2022).
Das in der Grafik dargestellte CO₂ berücksichtigt nicht die Absorption.

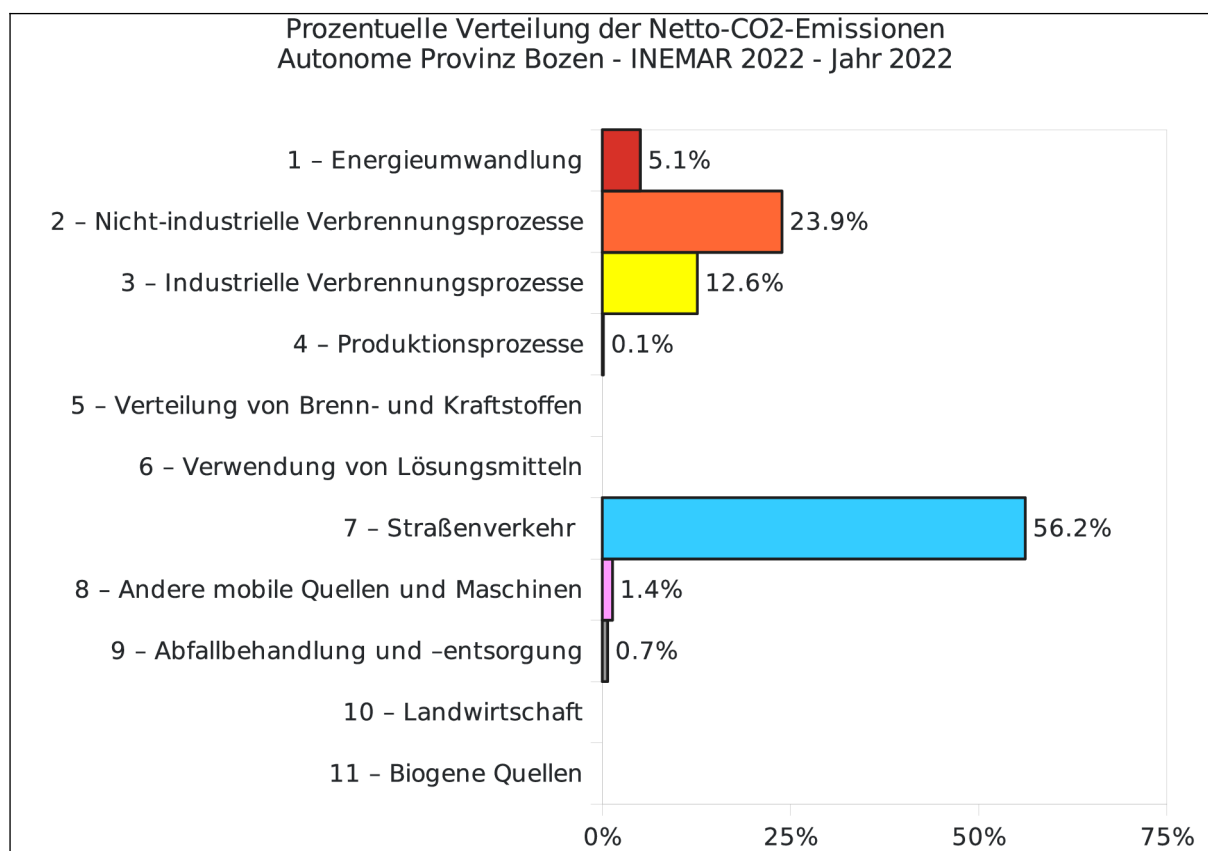


Abbildung 14: Prozentuelle Verteilung der Netto-CO₂-Emissionen (2022).
Das in der Grafik dargestellte CO₂ berücksichtigt nicht die Absorption.

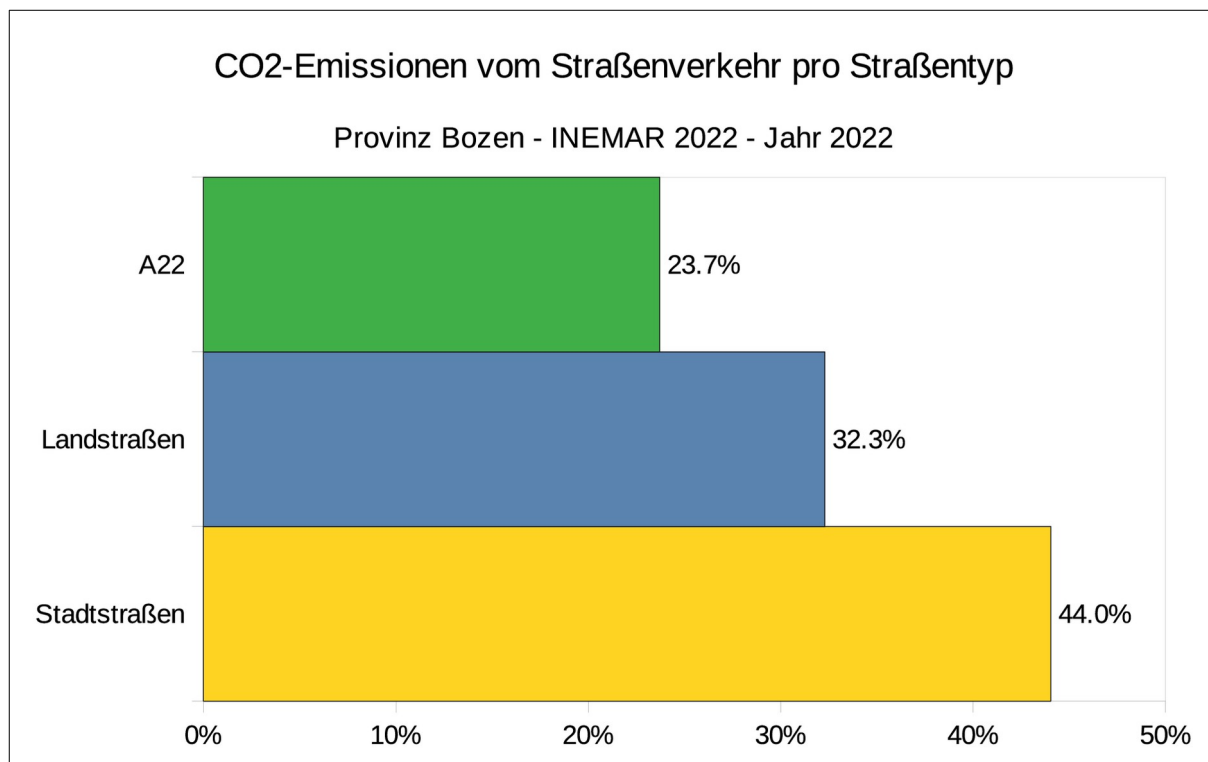


Abbildung 15: Anteil der CO₂-Emissionen vom Verkehr (2022) unterschiedlicher Straßentypen

MeBo trägt zu 2.6% der CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs bei.

Im Makrosektor 7 - Straßenverkehr - ist die Differenz zwischen Netto- und Brutto-CO₂ auf die Zusammensetzung des Dieselmotorkraftstoffs zurückzuführen; bei INEMAR besteht dieser nämlich auch zum Teil aus Biokraftstoff in einer Menge, die auf 5.2% des gesamten Dieselmotorkraftstoffs geschätzt wird.

4.2 CH₄ Emissionen

Methan entstammt in Südtirol zu 76% aus der Nutztierhaltung und dort größtenteils aus dem anaeroben Abbau der anfallenden tierischen Ausscheidungen sowie durch den Verdauungsprozess der Wiederkäuer. Das auf den Deponien durch den Abbau des Biomülls gebildete Methan wird größtenteils mit besonderen Anlagen abgesaugt und anschließend verbrannt. Eine Rolle spielen auch die Gasverteilernetze, bei denen durch Verluste eine beachtliche Menge an Methan entweicht. Eine geringere Bedeutung hat das Faulen organischer Stoffe unter Luftabschluss in natürlichen Ökosystemen, wie etwa Sümpfen.

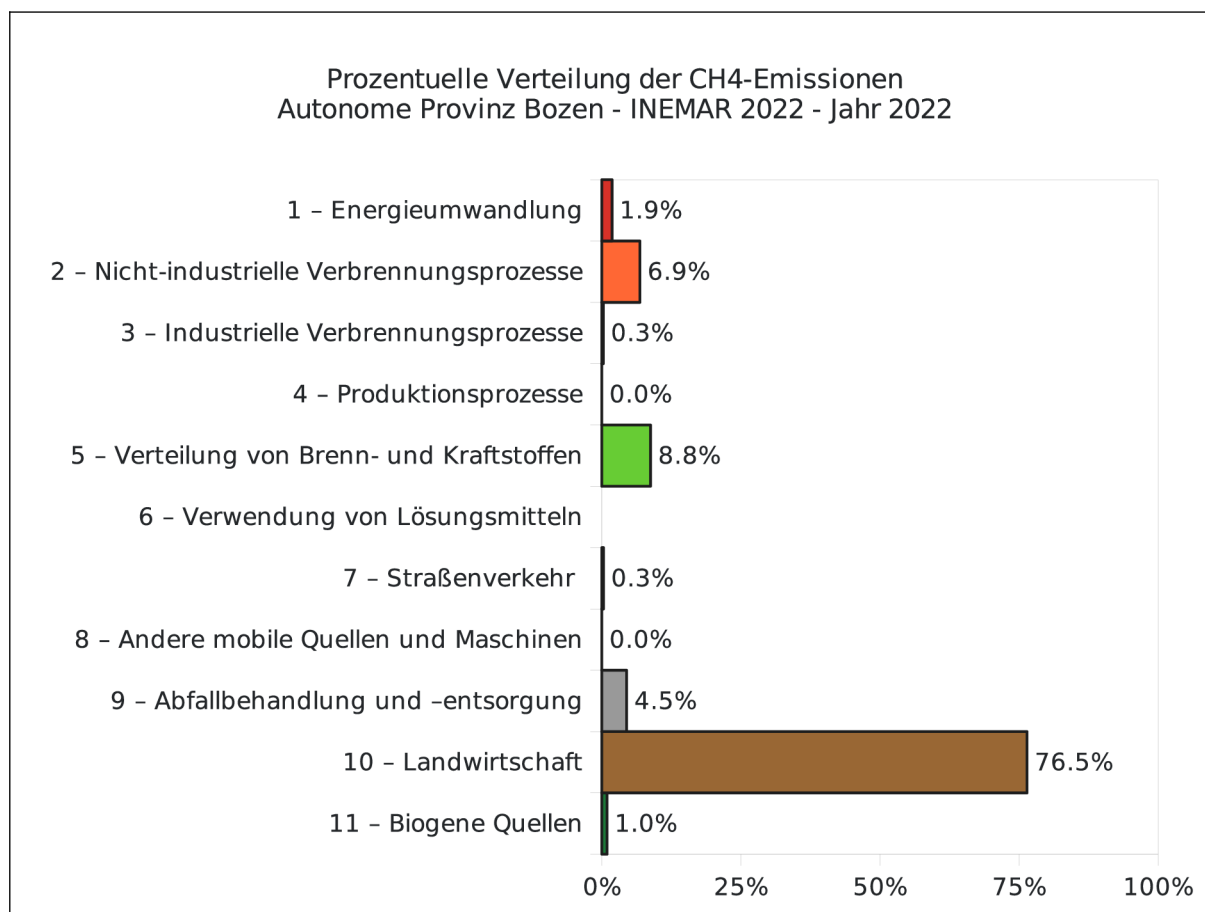


Abbildung 16: Prozentuelle Verteilung der CH₄-Emissionen (Jahr 2022)

4.3 N₂O Emissionen

Die Emissionen von Distickstoffmonoxid (N₂O), auch Lachgas genannt, gehen zum größten Teil auf landwirtschaftliche Tätigkeiten zurück. Bei Sauerstoffmangel wird Stickstoffdünger im Boden in Lachgas umgewandelt und entweicht in die Atmosphäre.

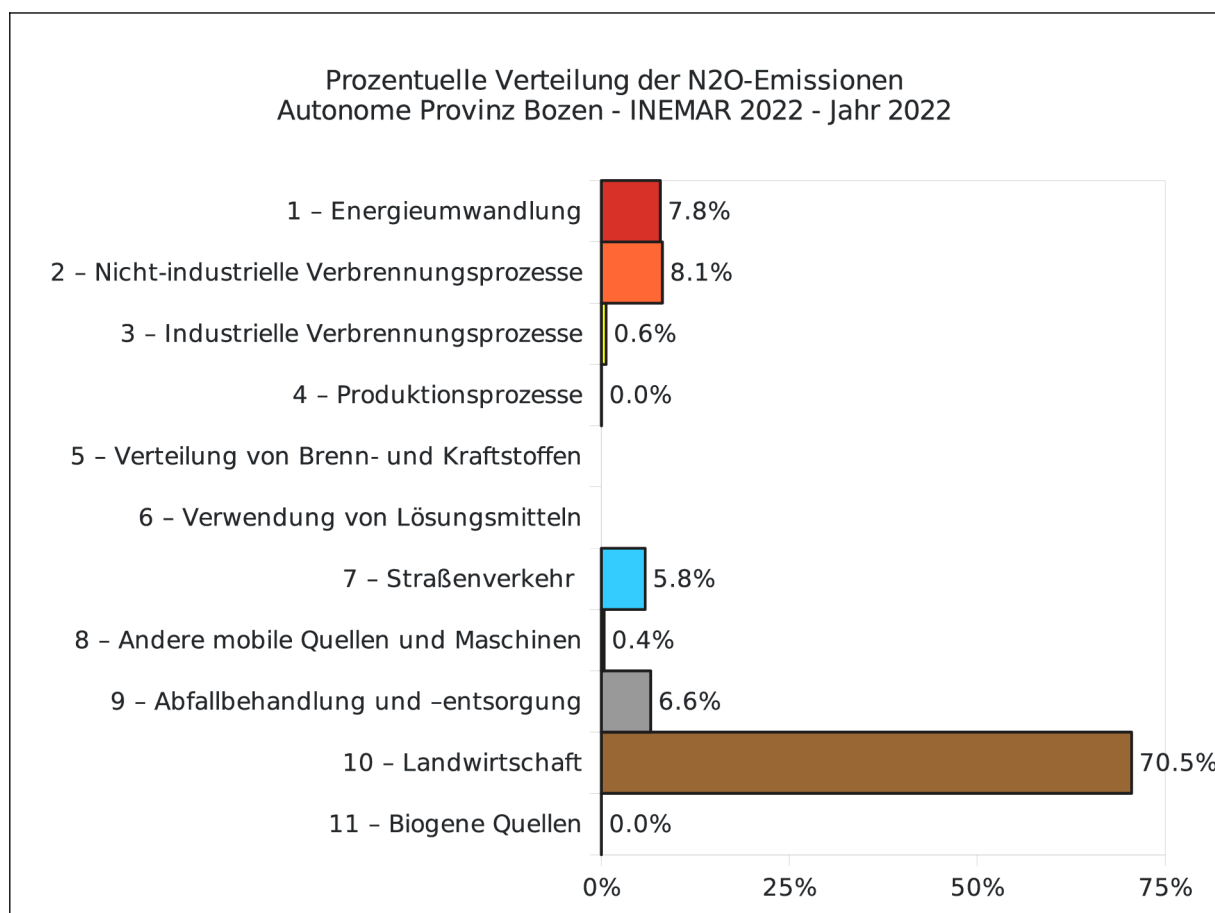


Abbildung 17: Prozentuelle Verteilung der N₂O-Emissionen (Jahr 2022)

4.4 CO₂-Äquivalent und Treibhauspotential

Wie schon gesagt, gibt es mehrere Stoffe, welche zum Treibhauseffekt beitragen können; im Emissionskataster werden folgende berücksichtigt:

- Kohlendioxid (CO₂),
- Methan (CH₄),
- Distickstoffmonoxid (N₂O).

Für die Einschätzung ihres Treibhauspotentials verwendet man einen Index namens GWP (Global Warming Potential), der in Tab. 3 angeführt wird.

Luftschadstoffe	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
CO ₂ -Äquivalent	21	1	310

Tab. 3: Für die Berechnung des CO₂-Äquivalents verwendete Koeffizienten

Die Emissionen der verschiedenen Treibhausgase werden daher zusammengefasst und als CO₂eq (CO₂-Äquivalent) ausgedrückt. Dieser Wert stellt daher eine Summe der Treibhausgase dar, wobei diese nach ihrem Treibhauspotential gewichtet werden. Diese Summe kann zusammenfassend mit folgender Formel dargestellt werden:

$$\text{CO}_2\text{eq} = \sum (\text{GWP}_i * E_i)$$

wobei

GWP_i = Global Warming Potential

E_i = Emission des Treibhausschadstoffs i.

4.5 CO₂-Äquivalent

Wie man sehen konnte, haben Treibhausgase einen unterschiedlich ausgeprägten Treibhauseffekt, daher können ihre Emissionen als CO₂-Äquivalent dargestellt werden. Auf diese Weise kann man ein zusammenfassendes Bild der wegen ihres Beitrags zum Treibhauseffekt relevanten Emissionen erzielen. Der Beitrag der einzelnen Stoffe auf die CO₂-Äquivalent-Emissionen wird in Abbildung 18 angeführt.

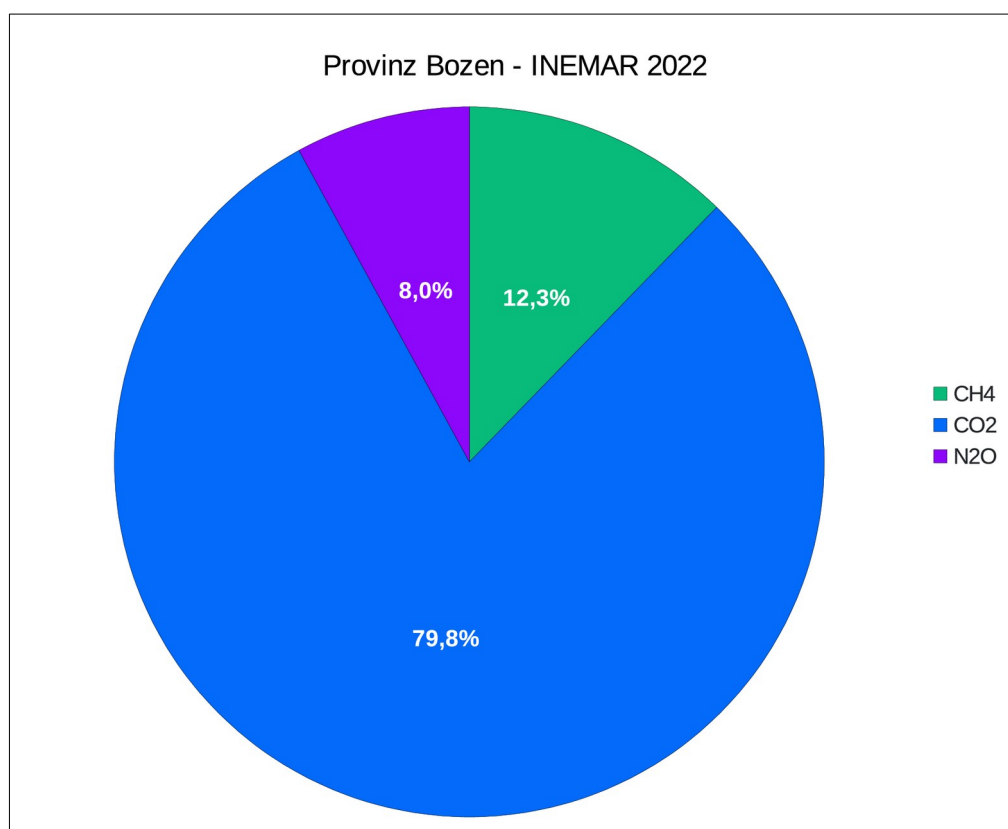


Abbildung 18: Beitrag der einzelnen Schadstoffe auf die CO₂-Äquivalent-Emissionen.
Das in der Grafik dargestellte CO₂ berücksichtigt nicht die Absorption.

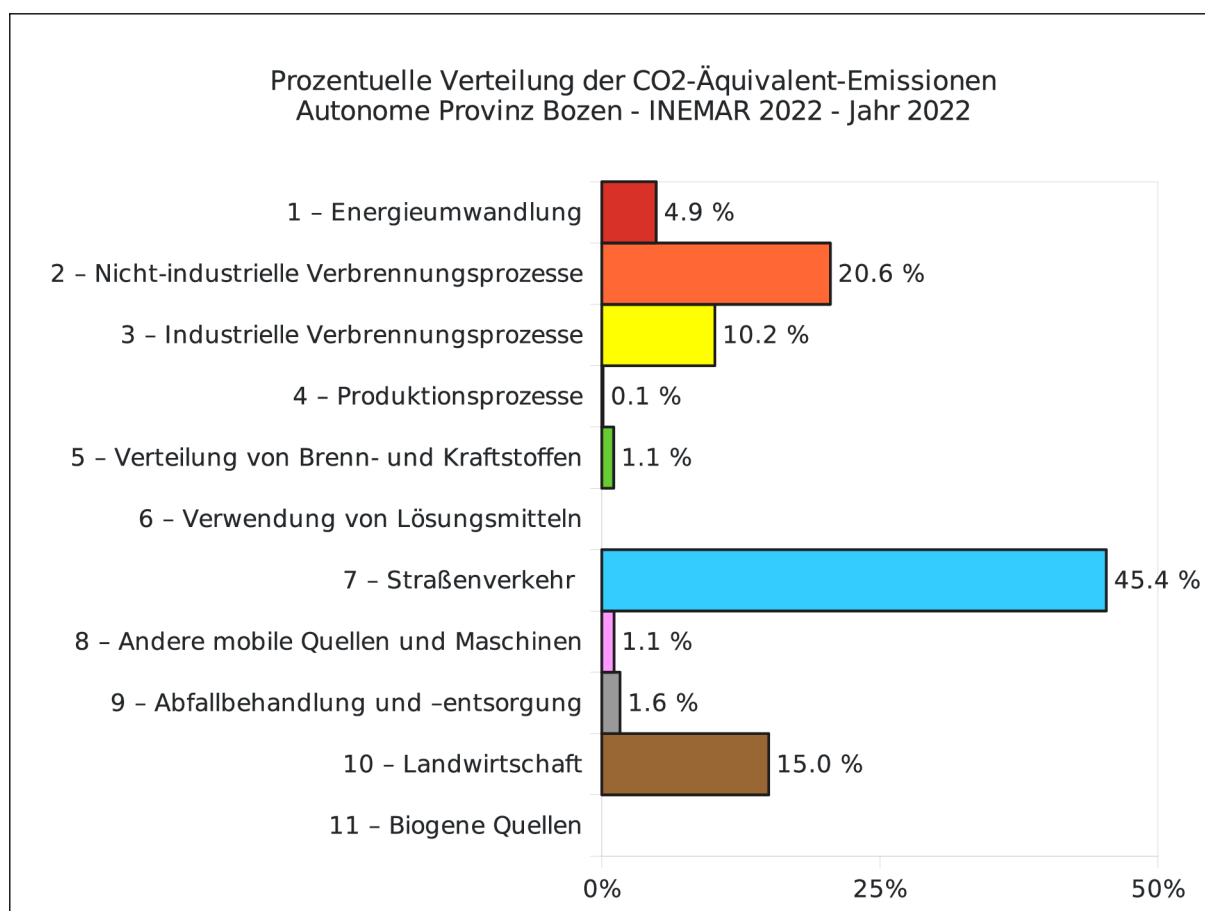


Abbildung 19: Prozentuelle Verteilung der CO₂-Äquivalent-Emissionen (Jahr 2022).

Das in der Grafik dargestellte CO₂ berücksichtigt nicht die Absorption.

Das Diagramm in Abbildung 19 zeigt die CO₂-Emissionen unter Vernachlässigung des Beitrags der Absorption (negative CO₂-Werte aufgrund der Speicherung in Waldflächen), so dass nur die Bilanz der Emissionen betrachtet wird.

Brennbare Biomassen gelten im Hinblick auf die Berechnung des CO₂-Äquivalents als neutral und werden bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

4.6 Entwicklung der CO₂-Emissionen in Emissionskatastern

Betrachtet man die Abbildung 20, so scheint die geschätzte Netto-CO₂-Emission über die Jahre zu schwanken. Der Grund liegt darin, dass sich die Schätzmethode im Laufe der Jahre geändert hat, weil neue Emissionsfaktoren und veränderte Berechnungsmethoden für die Indikatoren eingeführt wurden. Das Brutto-CO₂ zeigt einen leicht steigenden Trend, hauptsächlich aufgrund der Zunahme der Anzahl der Biomasse-Fernwärmeanlagen, weshalb die Differenz zwischen Brutto- und Netto-CO₂ allmählich vergrößert wird.

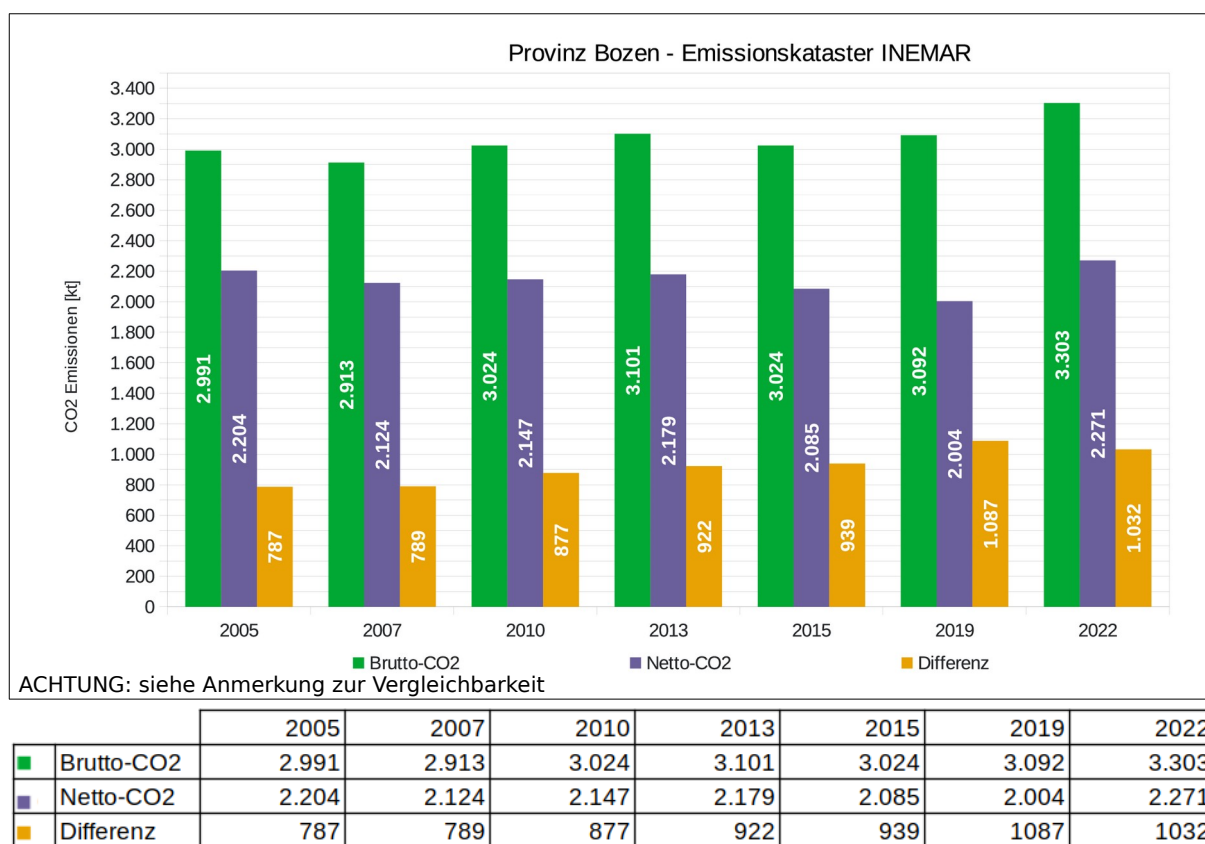
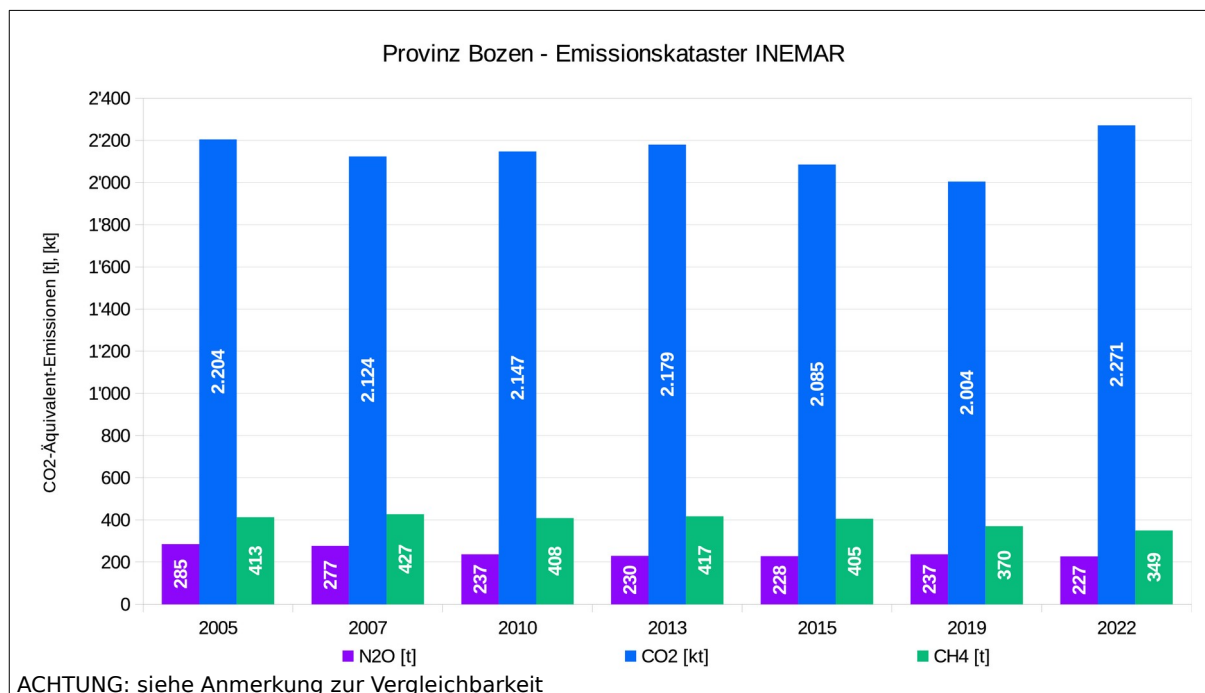


Abbildung 20: Trend der Netto- und Brutto-CO₂-Emissionen in den Jahren 2005 - 2007 - 2010 - 2013 - 2015 - 2019 und 2022.

Das in der Grafik dargestellte CO₂ berücksichtigt nicht die Absorption. Die Werte sind nicht vollständig vergleichbar, da sich die Schätzungsmethodik im Laufe der Jahre geändert hat, indem verschiedene Emissionsfaktoren angenommen und einige Indikatoren anders berechnet wurden. Die Werte für 2007, 2010 und 2013 wurden gegenüber früheren Berichten aktualisiert, um das Budget der Provinz für Erdgas im Industriesektor zu überarbeiten

Die Graphik der CO₂-Äquivalent-Emissionen und ihrer Komponenten CO₂, N₂O und CH₄ zeigt einen insgesamt abnehmenden Trend mit einer Gesamtreduktion von 11% im Vergleich zu dem ursprünglich für 2005 berechneten Wert (Abbildung

21). Im Jahr 2022 ist jedoch ein Anstieg gegenüber 2019 zu verzeichnen, was vor allem auf zwei Faktoren zurückzuführen ist, nämlich die Zunahme des Verkehrsaufkommens und eine genauere Berechnungsmethode für Heizungsemissionen.



	2005	2007	2010	2013	2015	2019	2022
■ N2O [t]	285	277	237	230	228	237	227
■ CO2 [kt]	2.204	2.124	2.147	2.179	2.085	2.004	2.271
■ CH4 [t]	413	427	408	417	405	370	349

Abbildung 21: Trend der CO₂-Äquivalent-Emissionen und seiner Komponenten in den Jahren 2005 - 2007 - 2010 - 2013 - 2015 - 2019 und 2022.

Das in der Grafik dargestellte CO₂ berücksichtigt nicht die Absorption. Die Werte sind nicht vollständig vergleichbar, da sich die Schätzungsmethodik im Laufe der Jahre geändert hat, indem verschiedene Emissionsfaktoren angenommen und einige Indikatoren anders berechnet wurden.

4.7 CO₂-Absorption

Seit 2010 werden im Emissionskataster auch die CO₂-Absorptionen seitens der Wälder in Südtirol berücksichtigt.

Das absorbierte Kohlendioxid (CO₂) wird mit negativem Wert ausgedrückt, insbesondere werden folgende kohlenstoffabsorbierende Beiträge der Tätigkeiten geschätzt: *lebende Biomasse* 47%, *Böden* 47% und *tote organische Substanz* 6% (Abbildung 22).

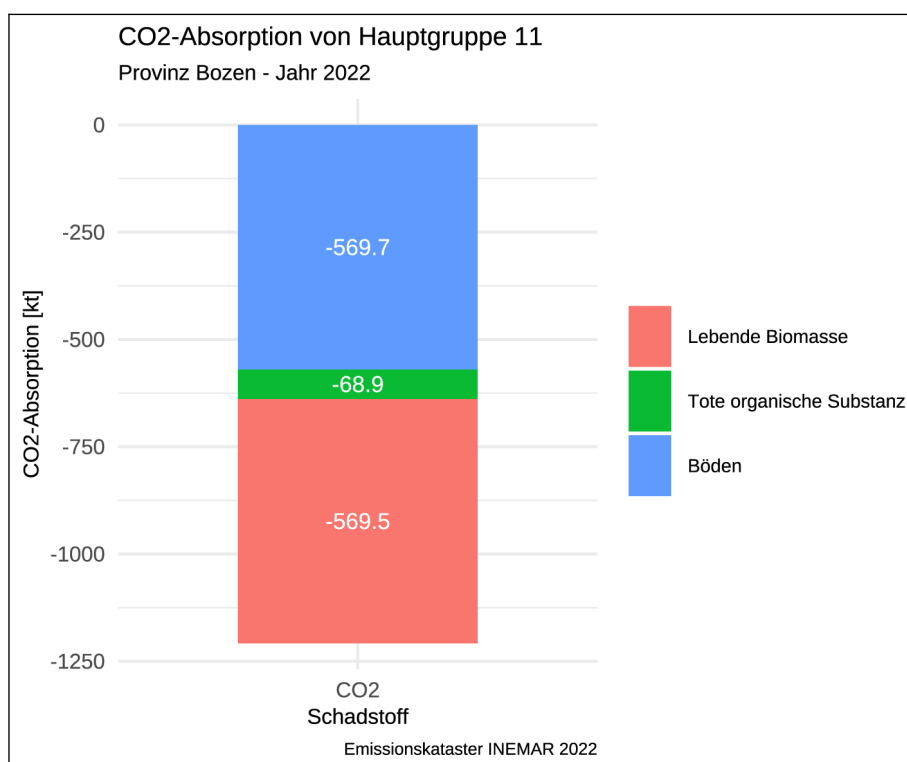


Abbildung 22: CO₂-Absorption von Hauptgruppe 11

4.8 CO₂-Gesamtbilanz

Bei der in den vorausgehenden Abschnitten angeführten Analyse der CO₂-Emissionen wurde der Beitrag der Absorptionen nicht mitgerechnet, zum eine um die alleinige Emissionsbilanz aufzuzeigen und weiters, um einen Vergleich mit den älteren Emissionskatastern machen zu können, in denen die Absorbtion durch die Wälder noch nicht berücksichtigt wurde.

Eine Abschätzung der Gesamtemissionen, bei der auch der Effekt der Absorptionen berücksichtigt wird, ist in Tab. 4 dargestellt, wo für das CO₂-Äquivalent der bedeutende Beitrag der Landwirtschaft vermerkt ist. In dieser Tabelle ist u. a. der Beitrag der landwirtschaftlichen Tätigkeit zum CO₂-Äquivalent (zurückzuführen auf NH₃- und CH₄-Emissionen) aufgeführt.

Hauptgruppe	Netto-CO₂ [kt]	CO₂ eq [kt]
01 - Energieumwandlung	115.2	139,5
02 - Nicht-industrielle Verbrennungsprozesse	542.4	584.9
03 - Industrielle Verbrennungsprozesse	287.0	289.4
04 - Produktionsprozesse	3.2	3.3
05 - Verteilung von Brenn- und Kraftstoffen		30.7
06 - Verwendung von Lösungsmitteln		
07 - Straßenverkehr	1275.9	1290.2
08 - Andere mobile Quellen und Maschinen	2.8	31.8
09 - Abfallbehandlung und -entsorgung	16.3	46.9
10 - Landwirtschaft		427.2
11 - Biogene Quellen	-1208.1	-1204.7
Gesamt	1062.9	1639.1

Tab. 4: Netto-CO₂-Emissionen und CO₂-Äquivalent-Emissionen