



Emissionskataster

2005-2007



Dieses Dokument wurde von der Landesagentur für Umwelt erstellt

Die Texte wurden vom Amt für Luft und Lärm verfasst

Bozen, 30. November 2010

Das Emissionskataster

Allgemeiner Teil.....	3
Schwefeloxide (SO _x).....	10
Stickstoffoxide (NO _x)	12
Staub (Gesamtstaub, PM ₁₀ , PM _{2.5})	18
Kohlenmonoxid (CO)	22
Ammoniak (NH ₃).....	23
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	24
Flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC)	24
Schwermetalle.....	25
Treibhausgase.....	26
Sekundärschadstoffe	29
Sekundärer Feinstaub (PM _{2.5} und PM ₁₀).....	29
Sekundäres Stickstoffdioxid (NO ₂).....	29
Ozon (O ₃)	30

Allgemeiner Teil

Das Emissionskataster ermöglicht die Darstellung von Emissionsdaten in unterschiedlicher, räumlicher und zeitlicher Auflösung für alle relevanten Luftschadstoffe:

Makroschadstoffe

<i>Name</i>	<i>Summenformel</i>	<i>Einheit</i>
Ammoniak	NH ₃	[t/Jahr]
Flüchtige organische Verbindungen	NMVOG	[t/Jahr]
Kohlenmonoxid	CO	[t/Jahr]
Schwefeldioxid	SO ₂	[t/Jahr]
Staub < 2.5 µm	PM _{2.5}	[t/Jahr]
Staub < 10 µm	PM ₁₀	[t/Jahr]
Stickstoffoxid	NO _x	[t/Jahr]

Treibhausgase

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

Tab. 1: Im Emissionskataster der Provinz Bozen berücksichtigte Makroschadstoffe

Mikroschadstoffe

<i>Name</i>	<i>Summenformel</i>	<i>Einheit</i>
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]
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	PAK	[kg/Jahr]
Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane	PCDD/F	[mg/Jahr]
Quecksilber	Hg	[kg/Jahr]
Selen	Se	[kg/Jahr]
Silizium	Si	[kg/Jahr]
Zink	Zn	[kg/Jahr]

Tab. 2: Im Emissionskataster der Provinz Bozen berücksichtigte Mikroschadstoffe

Zur Erstellung des Emissionskatasters wurden sämtliche 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, so 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 1999) 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)

Tab. 3: Hauptgruppen des Emissionskatasters der Provinz Bozen

Derzeit (Stand 2010) sind für Südtirol die Emissionskataster der Jahre 1997, 2000, 2004, 2005 und 2007 verfügbar, wobei sich bei der Erstellung der Emissionskataster der Jahre 2005 und 2007 Änderungen u. a. bei der Methodik der Ermittlung der Emissionen aufgrund von neuen Erkenntnissen sowie der Gliederung der betrachteten Sektoren ergeben haben. In manchen Fällen sind die Emissionsdaten der einzelnen Berichtsjahre daher nicht direkt miteinander vergleichbar.

Für die Jahre 2005 und 2007 wurde zur Berechnung und Archivierung der Daten das System INEMAR (Inventario delle Emissioni in Aria) verwendet. Die Ermittlung der Emissionen in die Atmosphäre erfolgt dabei jeweils auf Gemeindeebene für die unterschiedlichen Schadstoffe und Brennstoffe, anhand der europaweit und international definierten Methodik. Zur räumlichen Verteilung wurden anschließend die Schadstoffmengen, anhand der CORINE- Bodenbedeckung, einem Raster von 500 x 500m zugewiesen.

Nachfolgend werden die wichtigsten Emissionsdaten in tabellarischer und grafischer Form dargestellt:

Makroschadstoffe

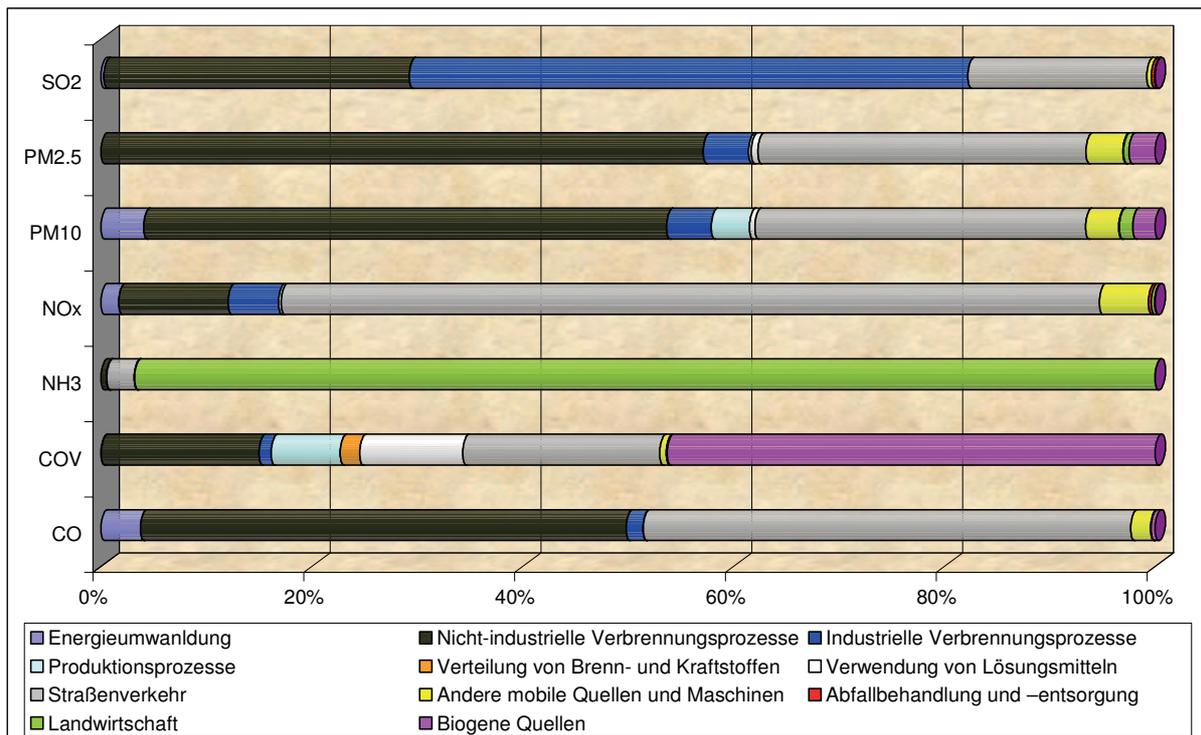


Abb. 1: Prozentuelle Verteilung der Makroschadstoffemissionen im Jahre 2005

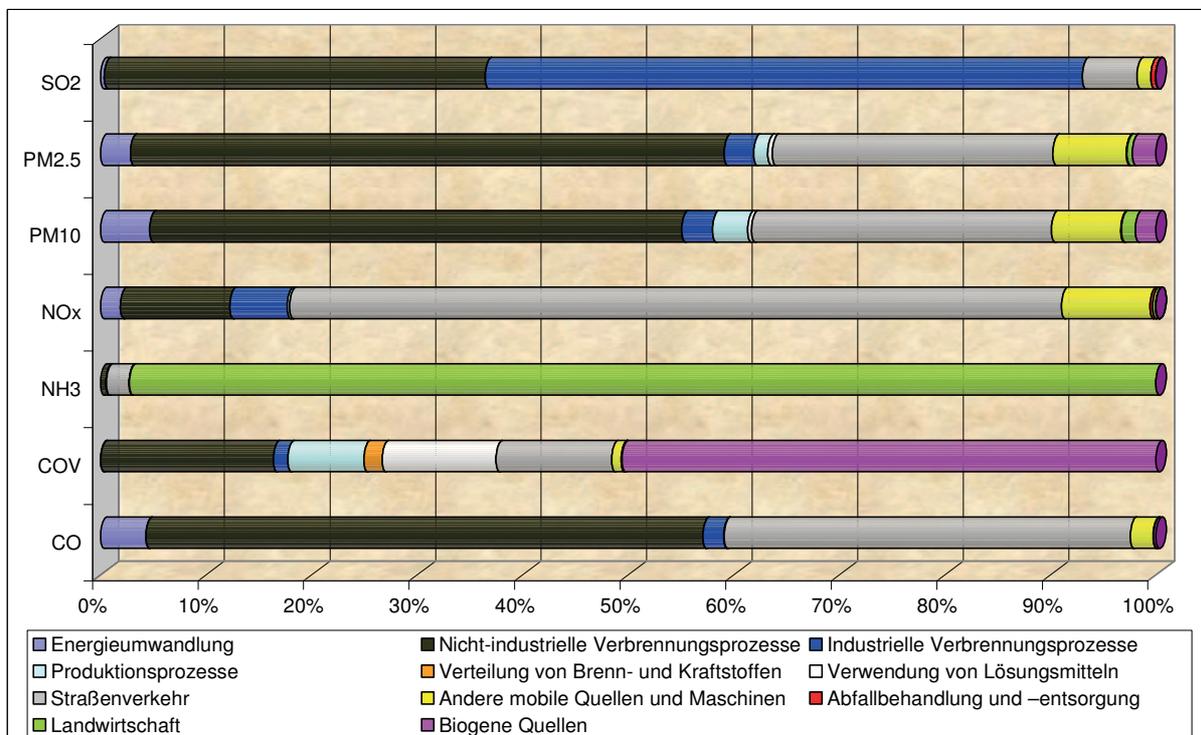


Abb. 2: Prozentuelle Verteilung der Makroschadstoffemissionen im Jahre 2007

Hauptgr. \ Schadst.	Jahr	CO [t]	COV [t]	NH ₃ [t]	NO _x [t]	PM ₁₀ [t]	PM _{2,5} [t]	SO ₂ [t]
Energieumwandlung	2005	1.213,73	6,38		146,00	56,19	29,42	3,82
	2007	1.212,70	6,34		150,89	62,99	33,22	2,73
Nicht-industrielle Verbrennungsprozesse	2005	14.846,80	2.874,76	30,61	869,50	685,09	663,54	362,37
	2007	14.829,90	2.872,29	30,61	823,41	679,94	658,39	259,45
Industrielle Verbrennungsprozesse	2005	507,24	219,70	1,62	379,95	45,94	38,61	678,20
	2007	559,22	242,33	1,94	431,14	39,24	32,71	406,82
Produktionsprozesse	2005	8,72	1.256,16	0,01	20,62	46,40	15,86	
	2007	7,58	1.263,40	0,02	18,17	44,95	15,73	
Verteilung von Brenn- und Kraftstoffen	2005		357,71					
	2007		305,84					
Verwendung von Lösungsmitteln	2005		1.874,58			5,04	5,04	
	2007		1.893,73			5,04	5,04	
Straßenverkehr	2005	14.912,33	3.590,58	154,63	6.639,26	433,55	361,82	38,42
	2007	10.819,61	1.923,84	126,79	5.807,23	383,34	311,13	37,26
Andere mobile Quellen und Maschinen	2005	606,62	120,83	0,05	397,68	43,38	40,61	5,61
	2007	607,45	156,69	0,11	666,32	88,51	81,38	9,49
Abfallbehandlung und – entsorgung	2005	13,32	4,72	2,21	22,59	0,97	0,97	3,71
	2007	11,41	4,05	2,31	19,38	0,81	0,81	3,18
Landwirtschaft	2005		9,65	5.718,91	28,12	17,69	5,86	
	2007		9,78	5.721,43	23,47	17,82	5,90	
Biogene Quellen	2005	126,54	8.889,52	0,69	3,05	29,19	28,87	0,69
	2007	59,71	8.883,38	0,16	0,71	26,11	26,03	0,16
Gesamt	2005	32.235,29	19.204,58	5.908,74	8.506,78	1.363,44	1.190,60	1.092,82
	2007	28.107,58	17.561,66	5.883,37	7.940,72	1.348,76	1.170,34	719,10

Tab. 4: Makroschadstoffemissionen der Jahre 2005 und 2007

Mikroschadstoffe

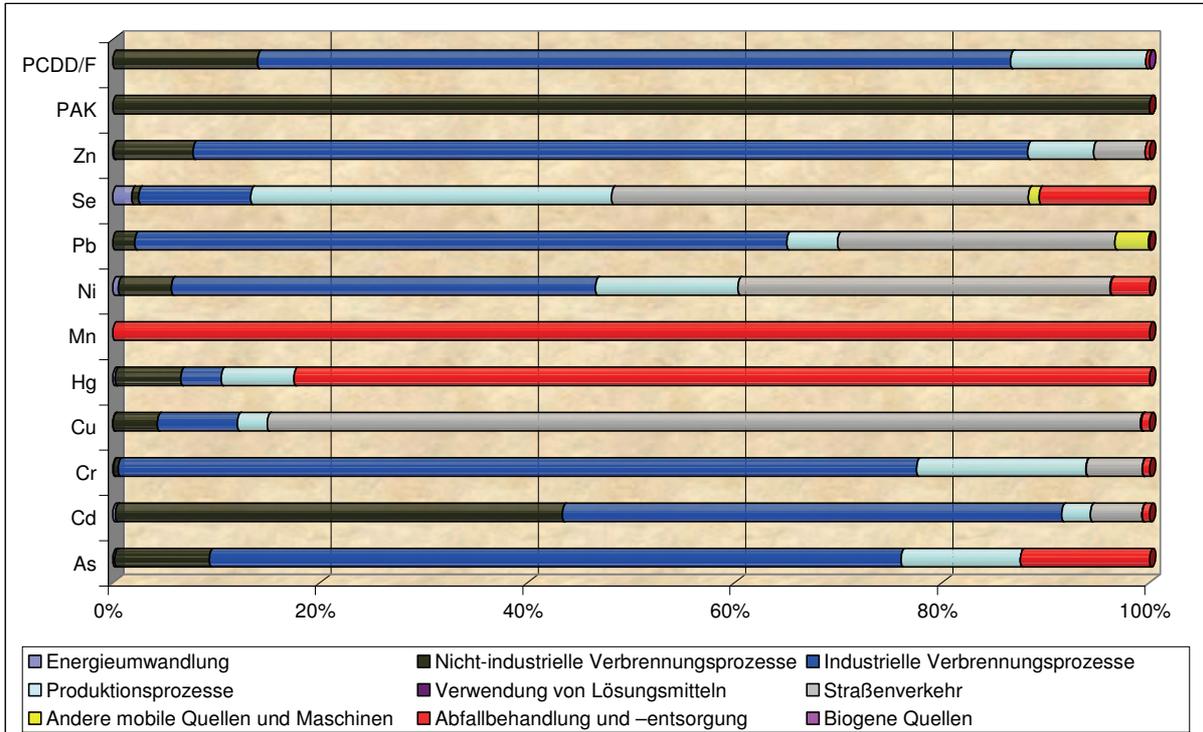


Abb. 4: Prozentuelle Verteilung der Mikroschadstoffemissionen im Jahre 2005

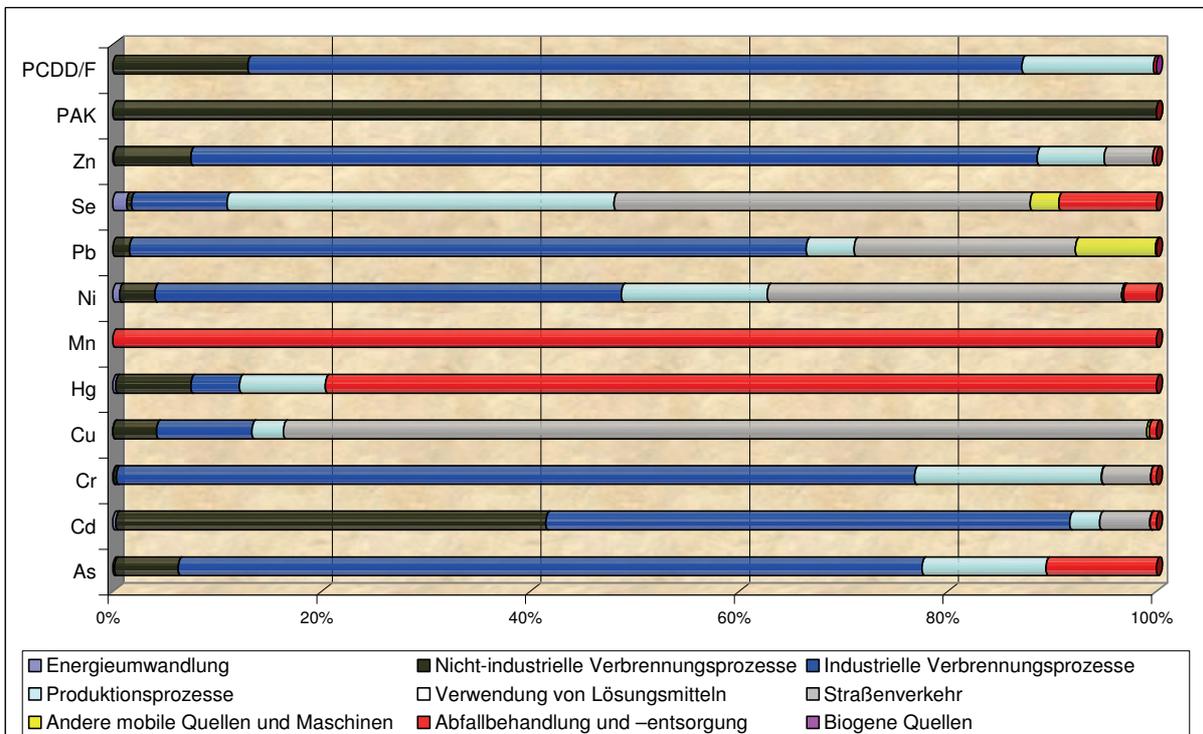


Abb. 5: Prozentuelle Verteilung der Mikroschadstoffemissionen im Jahre 2007

Treibhausgase

Hauptgr.	Schadst.	Jahr	CH ₄ [t]	CO ₂ [kt]	N ₂ O [t]
Energieumwandlung		2005	73,5	22,8	25,5
		2007	72,8	28,1	25,5
Nicht-industrielle Verbrennungsprozesse		2005	1.024,8	686,2	120,2
		2007	1.017,9	604,8	103,5
Industrielle Verbrennungsprozesse		2005	14,6	195,3	19,0
		2007	16,3	203,2	17,1
Produktionsprozesse		2005	1,8	4,8	0,5
		2007	1,8	5,0	0,5
Verteilung von Brenn- und Kraftstoffen		2005	2.288,7		
		2007	2.277,8		
Straßenverkehr		2005	170,6	1.220,8	39,4
		2007	130,5	1.191,7	34,8
Andere mobile Quellen und Maschinen		2005	2,7	31,0	12,2
		2007	3,7	52,7	20,5
Abfallbehandlung und – entsorgung		2005	1.506,6	43,3	29,4
		2007	2.116,6	38,2	28,3
Landwirtschaft		2005	14.451,2		672,5
		2007	1.4574,2		662,1
Biogene Quellen		2005	127,9		
		2007	123,5		
Gesamt		2005	19.662,4	2.204,1	918,8
		2007	20.335,1	2.123,7	892,2

Tab. 5: Treibhausgasemissionen der Jahre 2005 und 2007 (die Verbrennung von Biomasse wird als neutral betrachtet und die CO₂ – Emissionen als gleich Null berechnet)

Aus der Grafik der Makroschadstoffe ist deutlich erkennbar, dass der Straßenverkehr und die nicht- industriellen Verbrennungsprozesse (insbesondere der Hausbrand) den Großteil der Emissionen verursachen. Vor allem in Anbetracht des Immissionsniveaus des Schadstoffes NO_2 , welches an einigen Luftmessstationen noch immer über dem Grenzwert liegt, ist festzustellen, dass sich die beiden Sektoren gemeinsam für einen emissionsseitigen Anteil für NO_x von mehr als 80% verantwortlich zeichnen. Ein differenzierteres Bild ergibt sich in der Einzelbetrachtung der wichtigsten Schadstoffe:

Schwefeloxide (SO_x)

Schwefeldioxidemissionen beeinträchtigen die menschliche Gesundheit, tragen erheblich zum Problem des sauren Regens bei und sind außerdem an der Bildung von Feststoffteilchen in der Atmosphäre beteiligt. SO_2 entsteht hauptsächlich aus der Verbrennung schwefelhaltiger Brennstoffe wie Öl und Kohle. Kohle ist in Südtirol seit der Einführung des Landesgesetzes zur Luftreinhaltung vom 16. März 2000, Nr. 8 als Brennstoff verboten. Erdölderivate werden in Südtirol hingegen vor allem in Form von Heizöl, Schweröl, Benzin und Diesel eingesetzt. Seit der Einführung und Umsetzung von unterschiedlichsten EU- Richtlinien zur Verminderung der Schwefeloxid- Emissionen ist sowohl im Straßenverkehr als auch bei der Produktion von Wärme durch die Verbrennung von Leicht- und Schweröl ein deutlicher Verbesserungstrend erkennbar. Zudem ist in Südtirol die Verwendung von Schweröl zum Heizen von Gebäuden verboten. Einzig in einigen Produktionsbetrieben kommt es noch zum Einsatz. Der ständige Ausbau des Methanetzes hat überdies dazu geführt, dass viele Betriebe von Heiz- oder Schweröl auf den deutlich umweltfreundlicheren Brennstoff Methan umgestiegen sind (nicht nur hinsichtlich der Schwefeloxide).

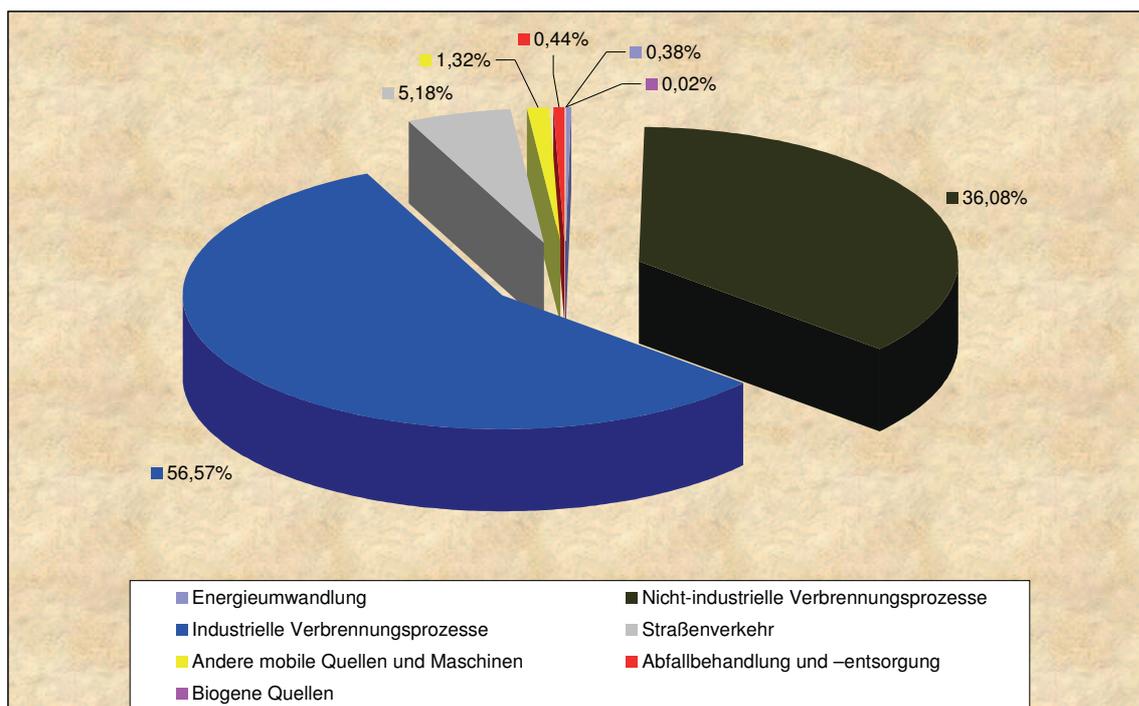


Abb. 5: Prozentuelle Verteilung der SO₂-Emissionen (Jahr 2007)

Die Betrachtung der SO₂-Emissionen aus der Verbrennung unterschiedlicher Brennstoffe unterstreicht den großen Einfluss flüssiger Brennstoffe, allen voran Schweröl und Heizöl. Anzumerken ist hierbei, dass trotz des deutlich geringeren Schwerölverbrauchs, die Emissionen jene von Heizöl oder Diesel übersteigen:

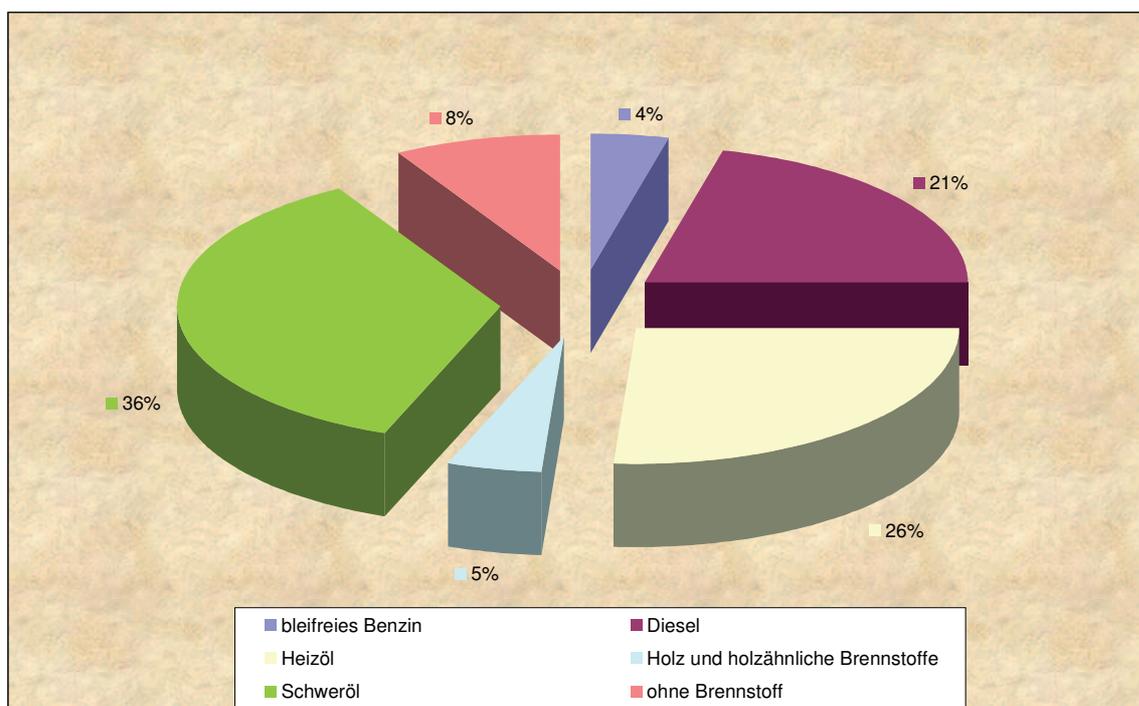


Abb. 6: Prozentuelle Verteilung der SO₂-Emissionen bezogen auf die Art von Brennstoff (Jahr 2007)

In der räumlichen Verteilung der SO₂-Emissionen spiegelt sich neben der Brennerautobahn das Vorhandensein von Gewerbegebieten und Wohnzentren, in welchen noch viel mit Heizöl geheizt wird, wieder:

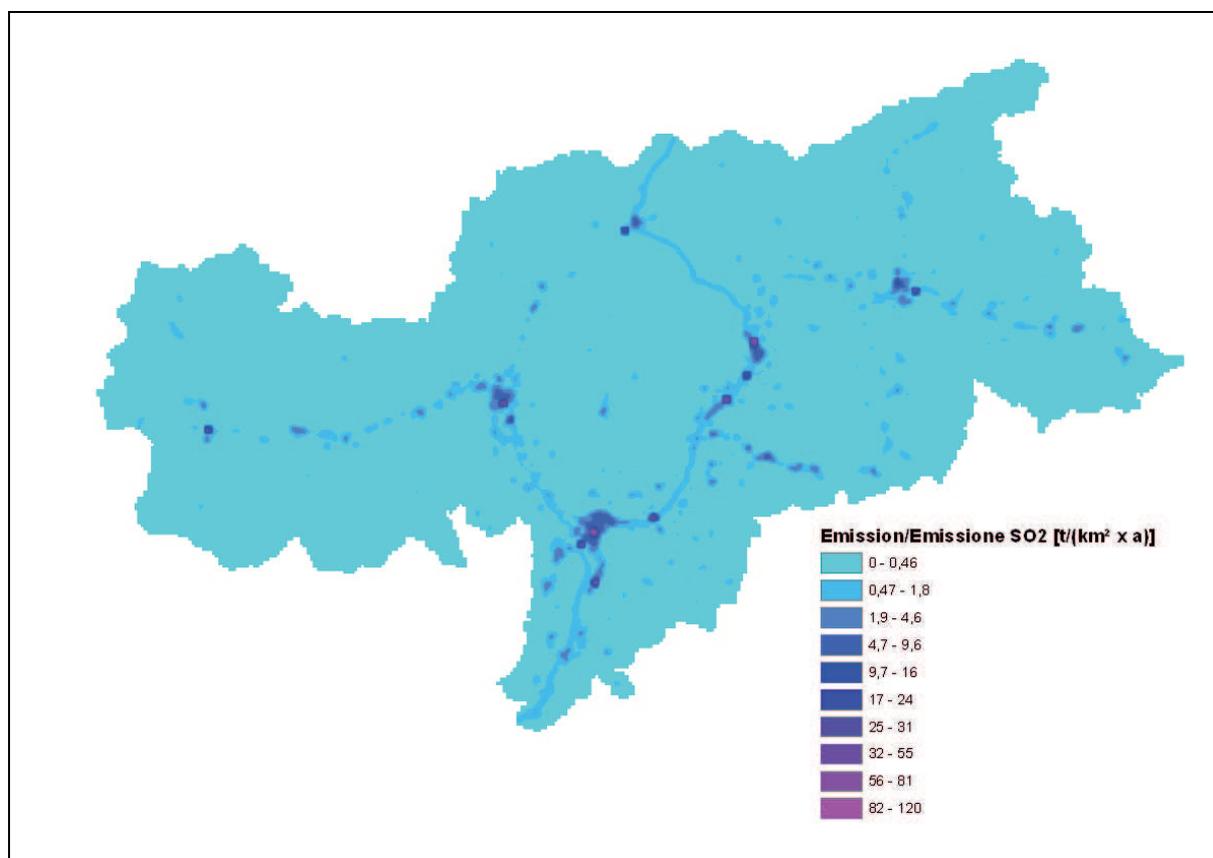


Abb. 7: räumliche Verteilung der SO₂-Emissionen im Jahre 2005

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. NO_x haben ihre Ursache ebenfalls in Verbrennungsvorgängen, hauptsächlich bei hohen Temperaturen. Hauptverursacher ist der Straßenverkehr. Diesbezüglich gibt es in der Entwicklung zwei gegenläufige Effekte: stetig restriktivere Abgasnormen zwingen zu ständigen Verbesserungen der Motortechnik sowie in der Abgasbehandlung von Fahrzeugen. Dieser positive Erfolg wird jedoch teilweise durch den steigenden Individual- und Schwerverkehr wieder aufgezehrt. Der Schadstoffausstoß der Fahrzeuge spiegelt sich in den sogenannten EURO-Klassen wieder. Mit Inkrafttreten der EURO-Klasse 6 sind signifikante Verbesserungen in Bezug auf den Ausstoß von Stickoxiden zu erwarten. Im

Schwerverkehrssektor sind die meisten EURO 5- LKW's bereits heute mit einem effektiven 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. Auch anhand einer speziellen Abgasrückführung in Kombination mit einem Partikelfilter können die EURO 5 Grenzwerte eingehalten werden. Da die EURO 6-Norm im Vergleich zu EURO 5 allerdings eine bedeutende Reduzierung sowohl der Stickoxid- als auch des Feinstaubemissionen vorsieht, sind für dessen Einhaltung weitere Verbesserungen dieses Systems nötig.

Für Schwerfahrzeuge tritt die EURO 6-Norm im Jahre 2014 in Kraft, für PKW's und Leichtfahrzeuge ist sie für Neuwagen ab 2015 Pflicht.

Die Emissionsfaktoren für Fahrzeuge haben die, aufgrund des Inkrafttretens der verschiedenen EURO-Klassen erzielten Verbesserungen natürlich berücksichtigt. Dadurch ergab sich auch für Südtirol ein Abwärtstrend bei den NO_x-Emissionen.

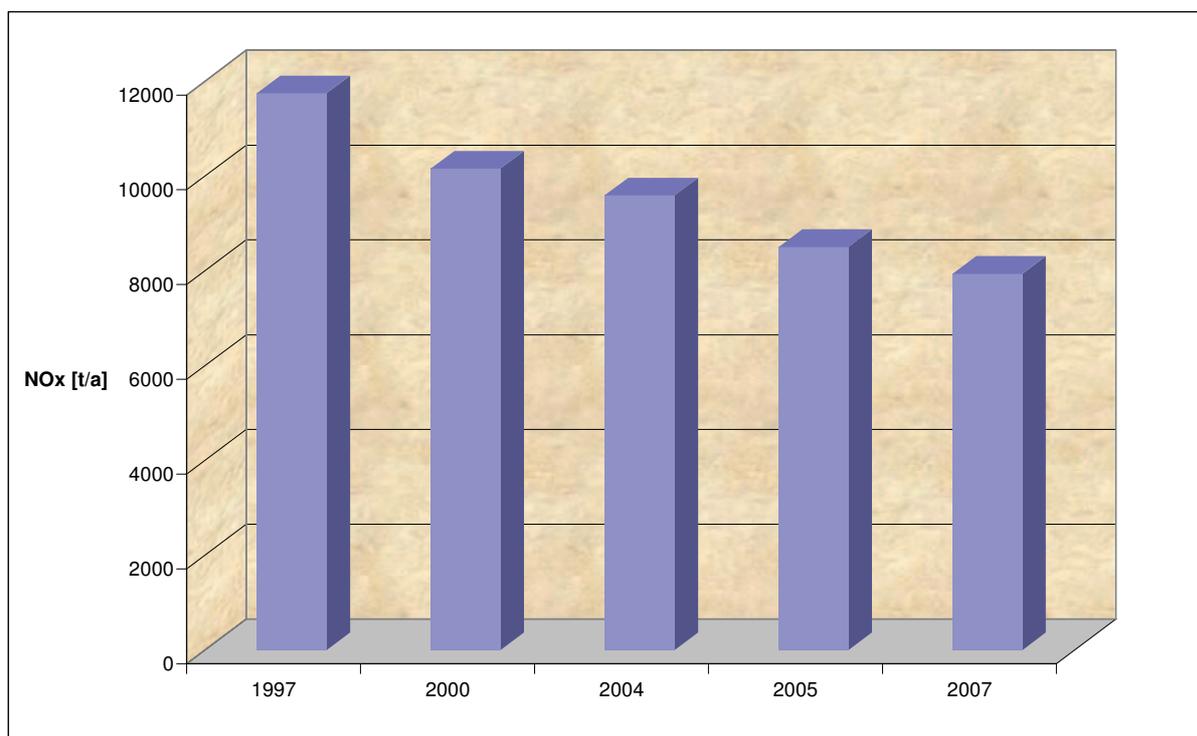


Abb. 8: Zeitlicher Trend der NO_x- Emissionen in Südtirol

Dieser Rückgang spiegelt sich auch in den Luftqualitätsmessungen wieder, allerdings nur für den Schadstoff NO und nicht für NO₂ (siehe Abb. 9 und 10 des Kapitels 2.1).

Ein möglicher Grund für diese Diskrepanz wird bei einer Einzelbetrachtung der beiden Schadstoffe NO und NO₂, die als Summe wiederum NO_x ergeben, sichtbar: In den letzten Jahren hat sich das Verhältnis NO₂/NO_x der Emissionen des Straßenverkehrs stark in Richtung NO₂ verschoben hat. Von Bedeutung ist dieses Verhältnis vor allem deshalb, da der Immissionsgrenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit lediglich für den Schadstoff NO₂ gilt, nicht aber für NO_x. Der Grund für diese Zunahme liegt vor allem im Einsatz von Oxidationskatalysatoren ab Euro 3. Dieser wird in den Diesel-Fahrzeugen zur Verringerung der Kohlenwasserstoff- und Kohlenmonoxid- Emissionen eingesetzt, oxidiert aber als Nebeneffekt NO zu NO₂. Am höchsten sind die NO₂/NO_x-Verhältnisse bei Euro 4-Diesel PKW's. Die nachfolgende Abbildung 11 zeigt die durch Umsetzung der Abgasnormen Euro 1 bis Euro 5 erwartete Emissionsminderung von Diesel- PKW's. Aktuelle, von der Technischen Universität Graz durchgeführte Untersuchungen weisen hingegen eindeutig auf einen deutlich gegenläufigen Trend hin (Abb. 12):

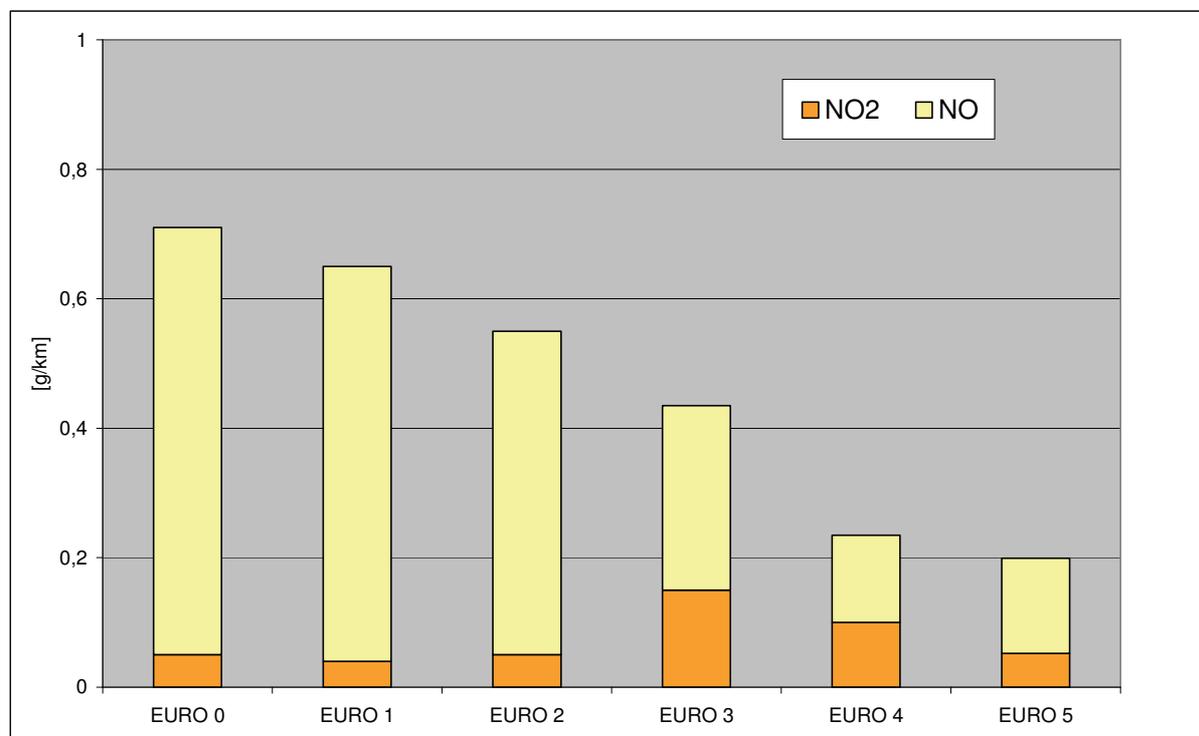


Abb. 9: Erwarteter NO_x- und NO₂-Trend im Abgas von Diesel-PKW's (New European Driving Cycle - NEDC)
Quelle: TU- Graz

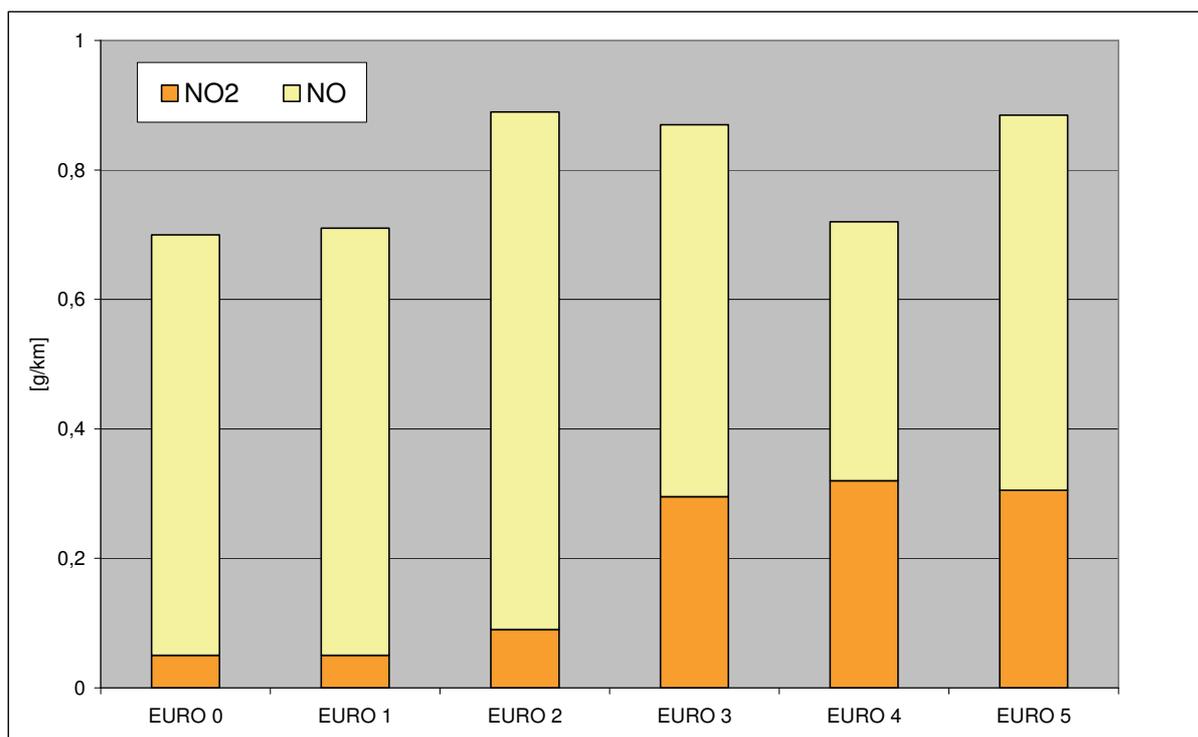


Abb. 10: Realer NO_x- und NO₂- Trend im Abgas von Diesel-PKW's (Common ARTEMIS Driving Cycle - CADC)
Quelle: TU- Graz

Obwohl sich die Zunahme des direkt aus dem Auspuff emittierten NO₂, aufgrund der chemischen Wechselwirkungen zwischen NO, NO₂, O₃ und OH-Radikale, nicht 1:1 auf die Immissionssituation übertragen lässt, führt ein Anstieg der primären NO₂-Emissionen auch bei einem insgesamt Rückgang der NO_x-Emissionen zu einem gehemmten Abwärtstrend, mancherorts sogar zu einer Stagnation oder einem leichten Anstieg des NO₂-Immissionsniveaus.

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 meistbefahrenste Verkehrsachse darstellt. So wurde im Jahre 2008, im Streckenabschnitt von Bozen Süd bis Neumarkt, ein durchschnittlicher Tagesverkehr (DTV) von 41.345 Fahrzeugen gezählt (Quelle: Autostrada del Brennero S.p.A.). Sehr negativ auf die Emissionssituation wirkt sich dabei der hohe Schwerverkehrsanteil von ca. 30% aus, welcher 72% der insgesamt auf der A22 emittierten NO_x- Menge ausmacht:

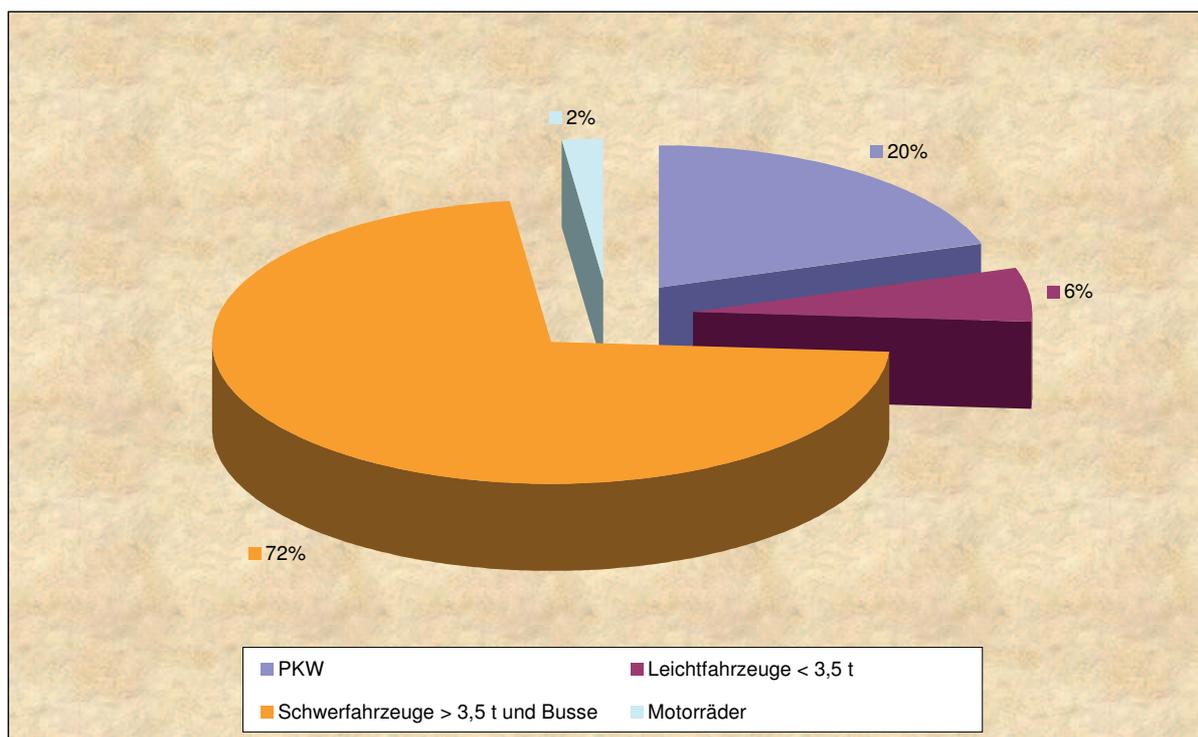


Abb. 11: Anteil unterschiedlicher Fahrzeugtypen an der NO_x- Gesamtemission der A22 (Jahr 2007)

Der starke Einfluss der Brennerautobahn spiegelt sich auch in einer südtirolweiten Betrachtung unterschiedlicher Straßentypen wieder:

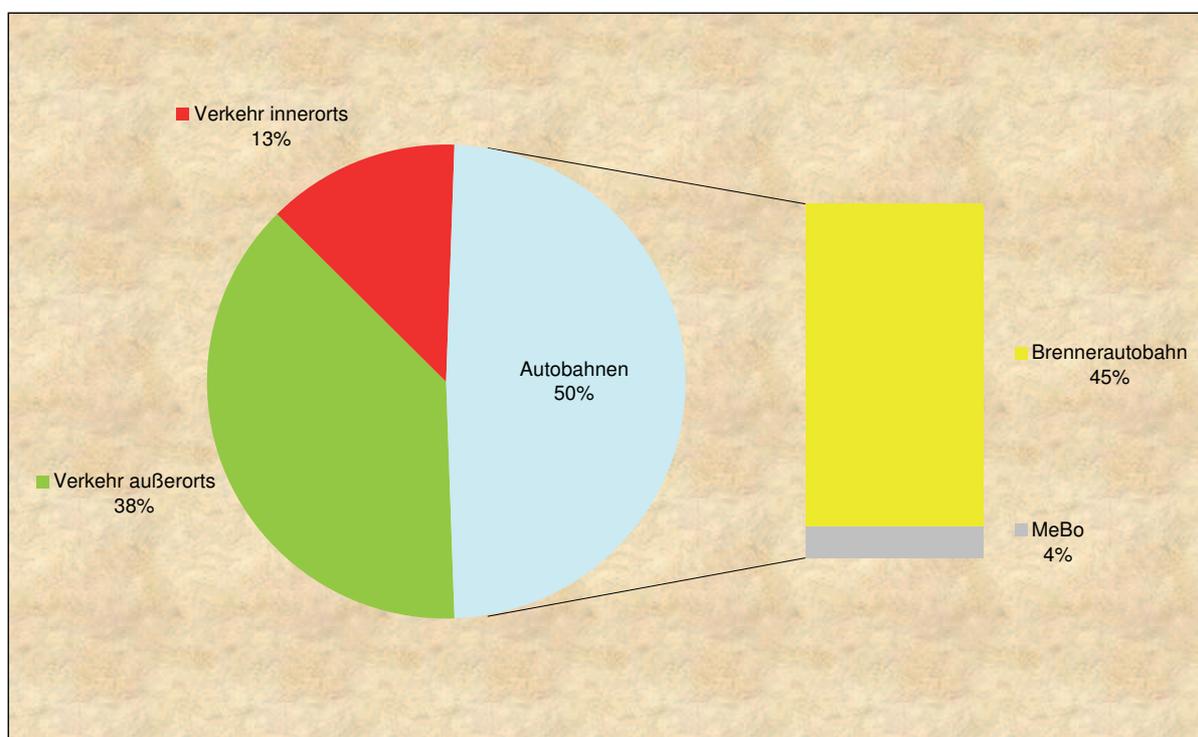


Abb. 12: Anteil unterschiedlicher Straßentypen an der Gesamtemission von NO_x (Jahr 2007)

Durch die Darstellung der räumlichen Verteilung der NO_x -Emissionen sind viel befahrene Straßen deutlich erkennbar:

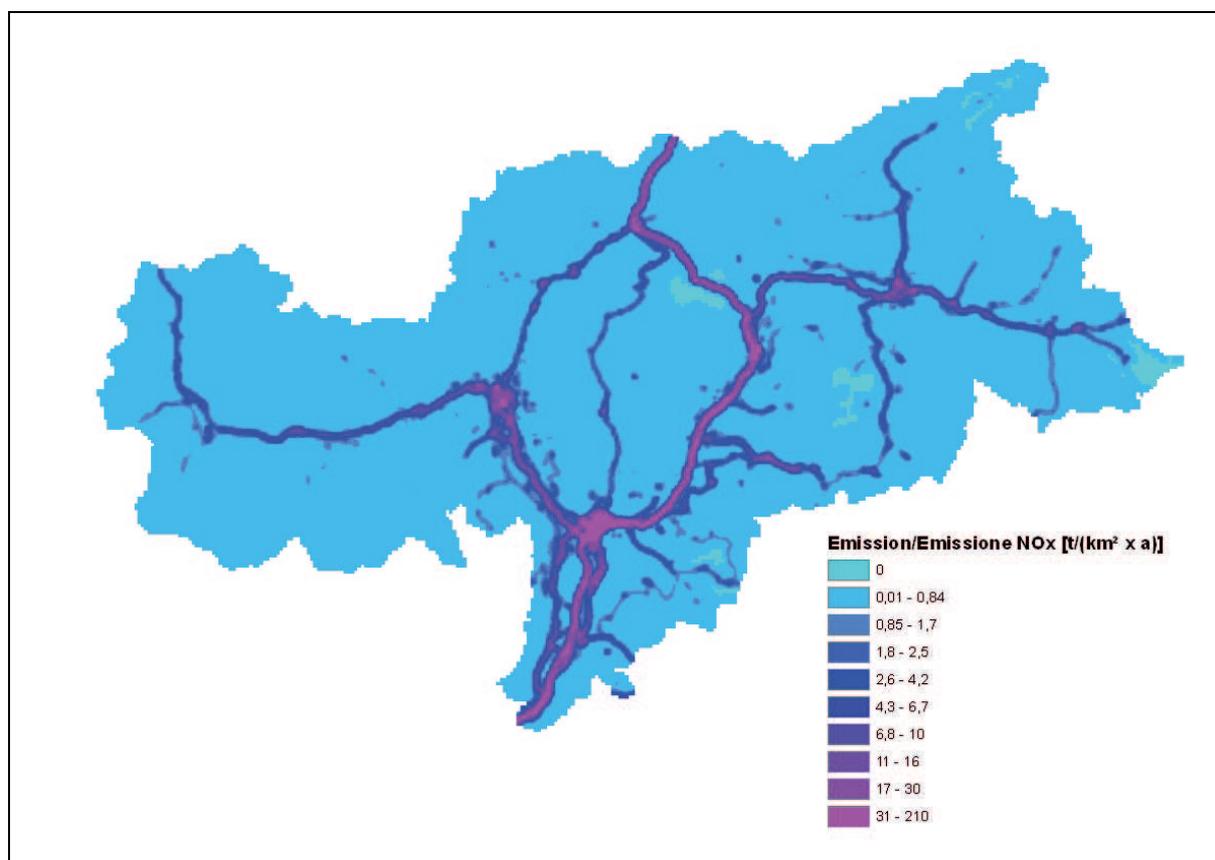


Abb. 13: Räumliche Verteilung der NO_x -Emissionen im Jahre 2005

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.

Staub (Gesamtstaub, PM₁₀, PM_{2.5})

Per Definition sind PM₁₀ und PM_{2.5} Partikel, die einen gröbenselektierenden 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 Schadstoffes PM_{2.5} sehr wichtig. Für PM₁₀ wurde bereits im Jahre 1999 ein, ab dem Jahre 2005 EU- weit geltender Luft- Grenzwert, festgesetzt (1999/30/EG). Die aktuellste Richtlinie zur Luftreinhaltung 2008/50/EG sieht allerdings die Möglichkeit vor, dass die Mitgliedsstaaten zur Einhaltung des PM₁₀-Grenzwertes einen Aufschub bis zum Jahre 2011 erhalten können. Gleichzeitig wurde auch ein Grenzwert für den Schadstoff PM_{2.5} eingeführt, der ab dem Jahre 2015 nicht mehr überschritten werden darf. Dadurch war es bei der Berechnung der Staubemissionen nötig, auch die Fraktion des PM₁₀ und des PM_{2.5} zu ermitteln. In Südtirol ist diese Aufschlüsselung ab dem Emissionskataster des Jahres 2005 möglich.

Hierzulande sind der motorisierte Verkehr und der Hausbrand für den Großteil der Feinstaubemissionen verantwortlich. Auffallend ist dabei, dass sich dieses Verhältnis zunehmend in Richtung des Hausbrandes verschiebt. So betrug dessen Anteil an den Gesamtfeinstaubemissionen im Jahre 2000 noch 26 %, während aus den Daten des Emissionskatasters 2007 ein Anteil von 50 % hervorgeht. Der prozentuelle Anteil des Verkehrs sank hingegen von 36 % im Jahre 2000 auf 29 % im Jahre 2007. Grund hierfür sind einerseits die sich ständig verschärfenden Abgasnormen und die damit verbundenen Verbesserungen in der Motortechnik und in der Abgasnachbehandlung, andererseits die

immer noch zu sanfter Regulierung von Holzverbrennungsanlagen im unteren Leistungsbereich, allen voran die Einzelraumfeuerungen wie z.B. Kamin- oder Kachelöfen. Die nachfolgende Grafik verdeutlicht den Zusammenhang:

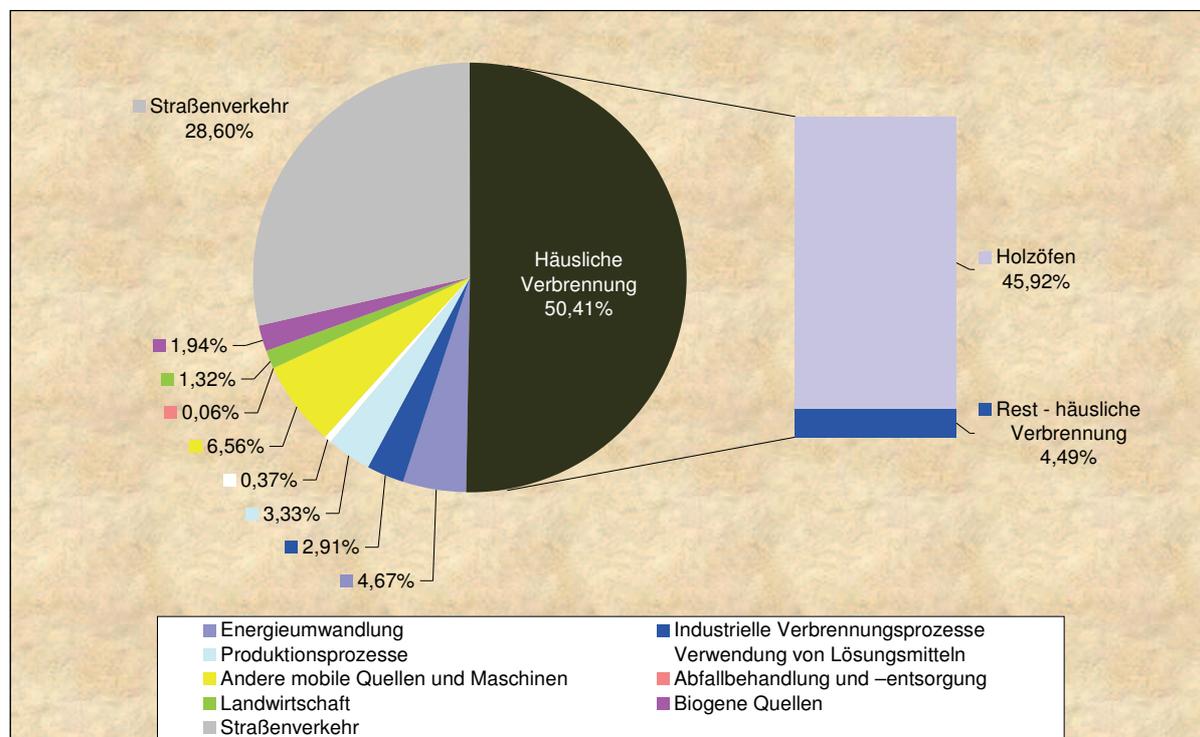


Abb. 14: Prozentuelle Verteilung der PM₁₀-Emissionen (Jahr 2007)

Bezüglich des Verkehrs ist auch hierbei anzumerken, dass ein Rückgang des Schadstoffausstoßes aufgrund Verbesserungen in der Fahrzeugtechnik, durch ein verstärktes Verkehrsaufkommen teilweise kompensiert wird.

Der starke Einfluss des Brennstoffes Holz auf die Feinstaubemissionen zeigt auch die folgende Abbildung, welche für die Gruppe der nicht- industriellen Verbrennungsprozesse (insbesondere des Hausbrandes) den Anteil von unterschiedlichen Brennstoffen am PM₁₀-Ausstoß aufzeigt:

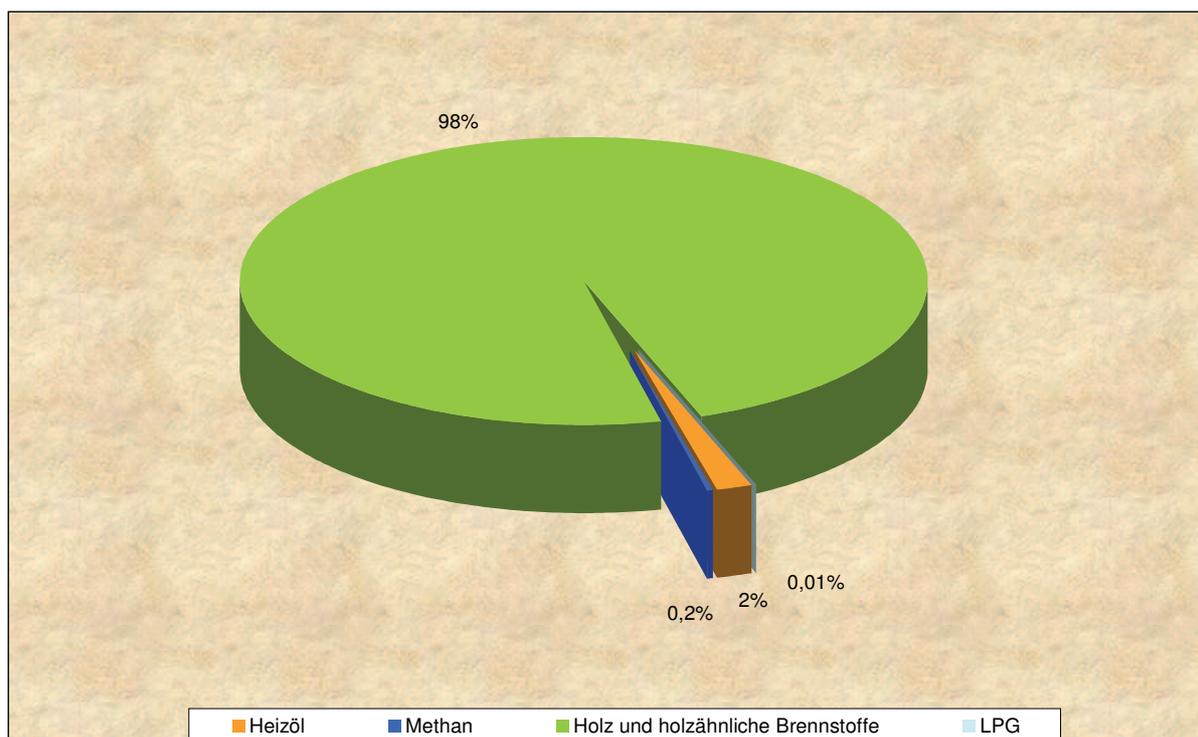


Abb. 15: Anteil unterschiedlicher Brennstoffe an der PM10- Gesamtemission für die Gruppe der nicht-industriellen Verbrennungsprozesse.

Aufgrund der Wichtigkeit von Brennholz an den Feinstaubemissionen wurde im Jahre 2009 vom TIS/ Bereich Energie & Umwelt, in Zusammenarbeit mit der Berufsgemeinschaft der Kaminkehrer, der Landesberufsschule Johannes Gutenberg, der Firma CISMA und der Landesagentur für Umwelt, eine Studie über den Hausbrand in Südtirol durchgeführt, in welcher unter anderem der Brennholzverbrauch pro Gemeinde erhoben wurde.

Wie zu erwarten wurde dabei festgestellt, dass die städtische Gemeinde einen, vor allem im Verhältnis zur Bevölkerungszahl, sehr geringen Verbrauch von Brennholz aufweisen, während am meisten Holz in ländlich geprägten Gemeinden, wie etwa Sarntal, verbrannt wird:

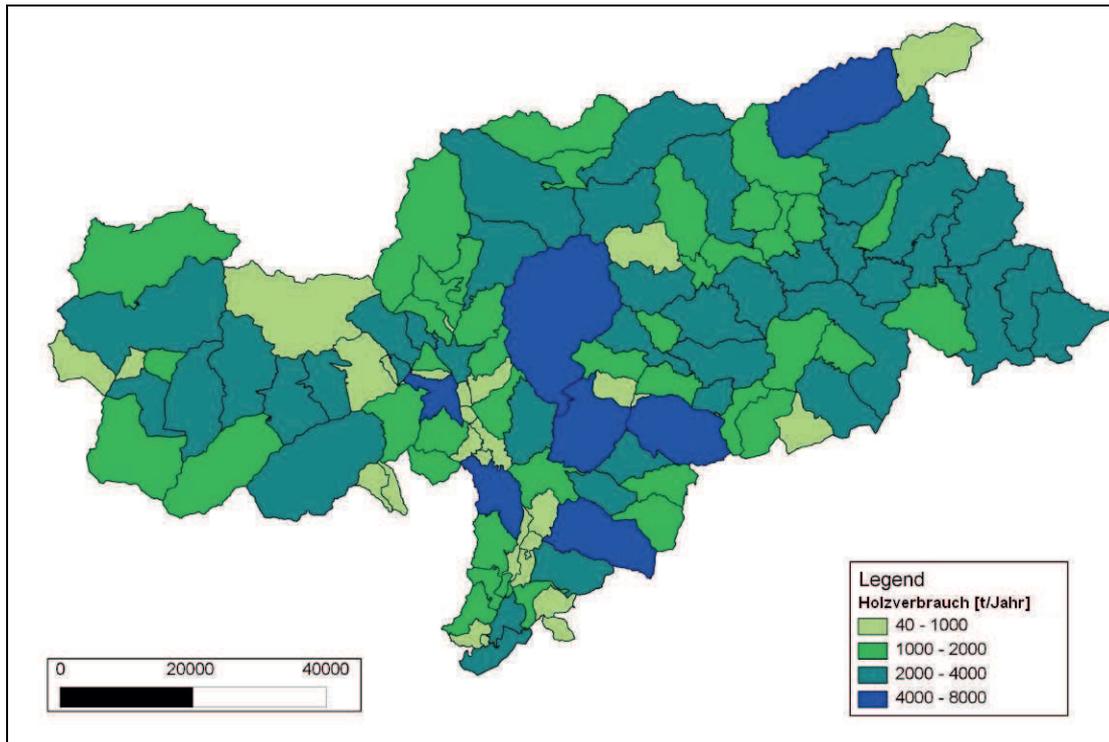


Abb. 16: Holzverbrauch pro Jahr in den Gemeinden Südtirols
 Quelle: TIS / Bereich Energie und Umwelt

Vergleicht man nun den PM_{10} - Ausstoß einer stark ländlich geprägten Gemeinde wie z.B. Latsch mit einem Stadtgebiet (Bozen) so wird ersichtlich, dass in Landgemeinden die Verbrennung Biomasse in den Holzöfen und Holzheizungen die größte Quelle von Feinstaubemissionen darstellt:

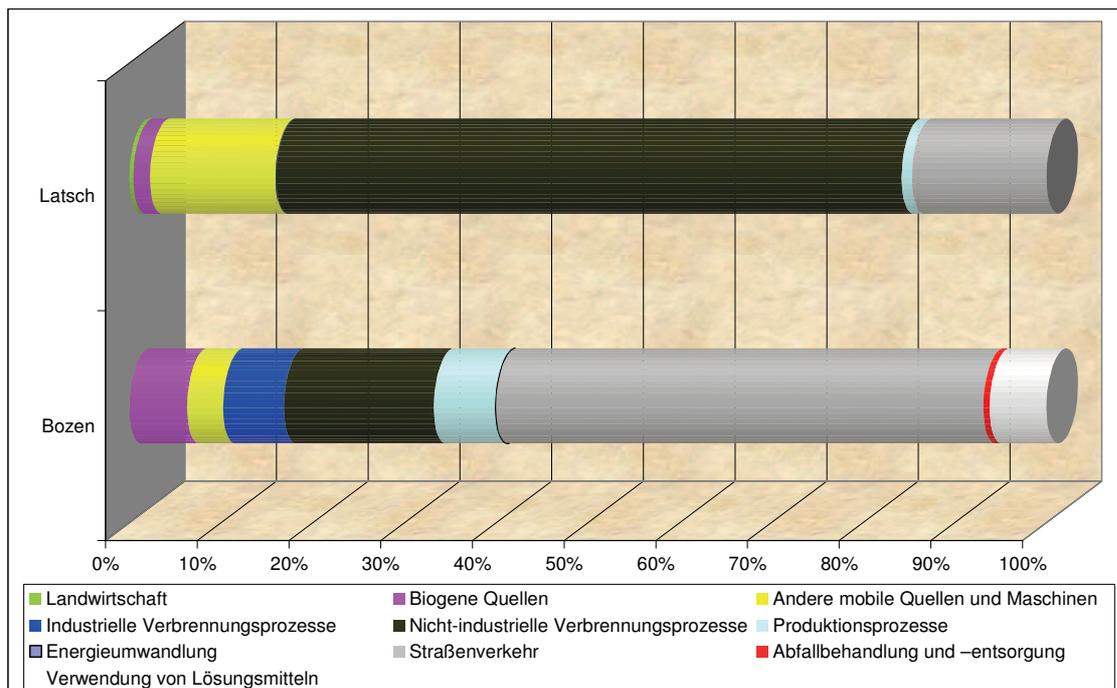


Abb. 17: Anteil der verschiedenen Hauptgruppen an den Gesamtemissionen von PM_{10}

Die räumliche Verteilung der Feinstaubemissionen für das Jahr 2005 zeigt die nachfolgende Grafik. Auch dort ist erkennbar, dass der eigentlich zu erwartende große Unterschiede 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 Emissionskarten von NO_x und PM_{10} wird dieser Unterschied klar deutlich. Die Luftqualitätsmessungen der fixen Stationen in Südtirol bestätigen dies.

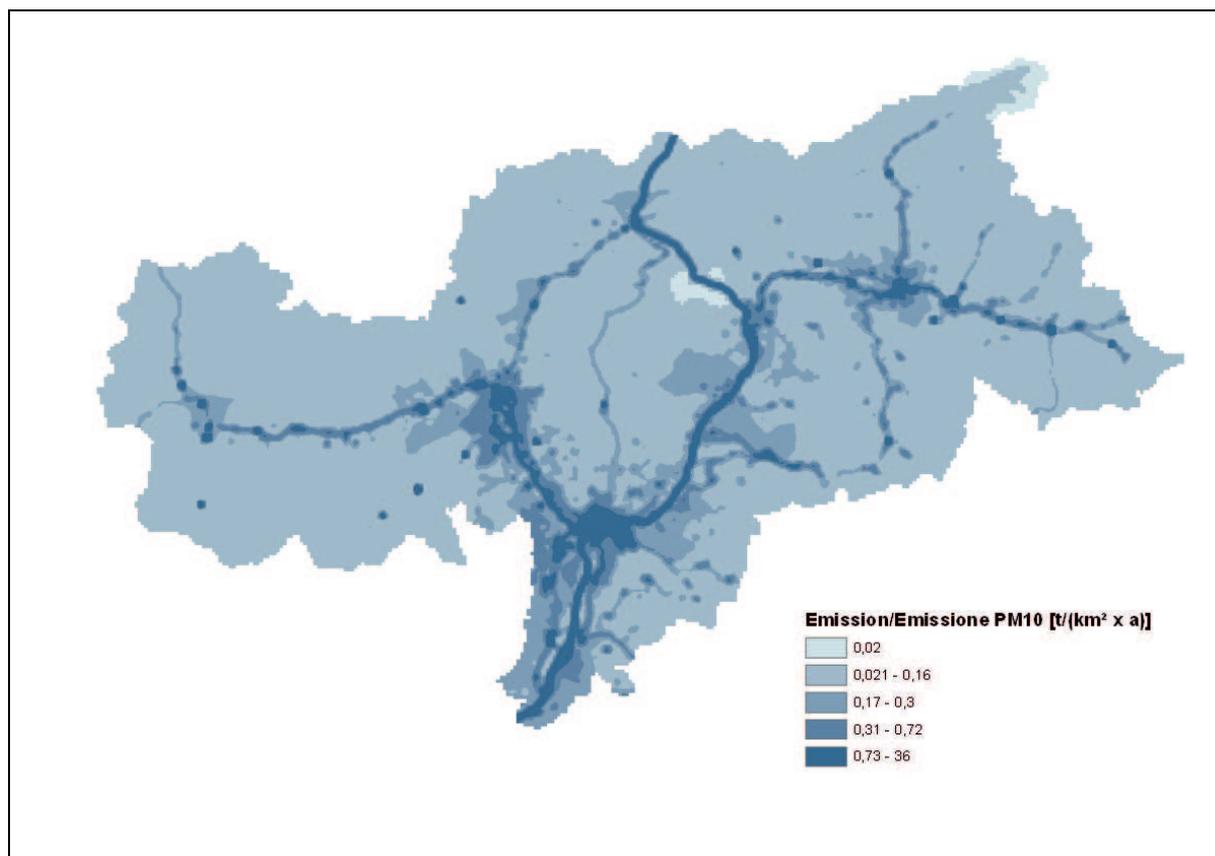


Abb. 18: räumliche Verteilung der PM_{10} -Emissionen im Jahre 2005

Kohlenmonoxid (CO)

Kohlenmonoxid ist ein für den Menschen giftiges Gas, welches bei der unvollständigen Oxidation von kohlenstoffhaltigen Substanzen entsteht. Wiederum sind der Straßenverkehr und der Hausbrand die mit Abstand größten Emittenten und ähnlich dem PM_{10} ist auch hier eine eindeutige Trendverschiebung der prozentualen Emissionsanteile in Richtung der häuslichen Verbrennung erkennbar.

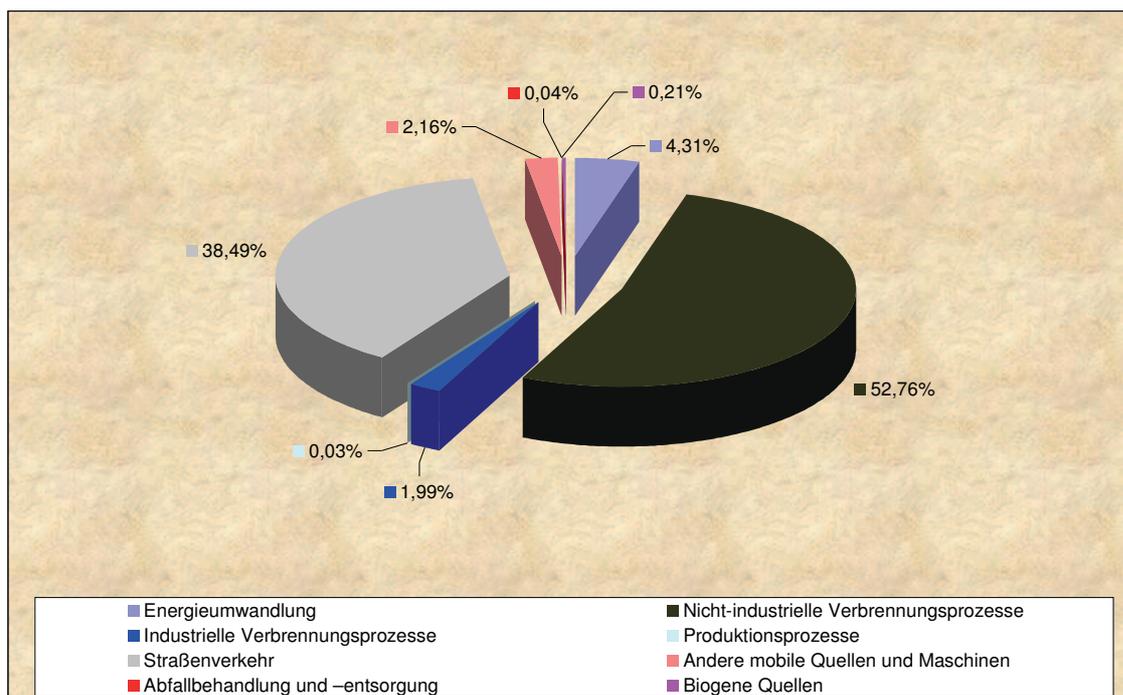


Abb.

19: Prozentuelle Verteilung der CO-Emissionen (Jahr 2007)

Ammoniak (NH₃)

Ammoniak ist ein farbloses und stark riechendes Gas, welches giftig ist. Es entsteht insbesondere beim Abbau von tierischen Exkrementen. Der Großteil dieser Emissionen wird somit 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.

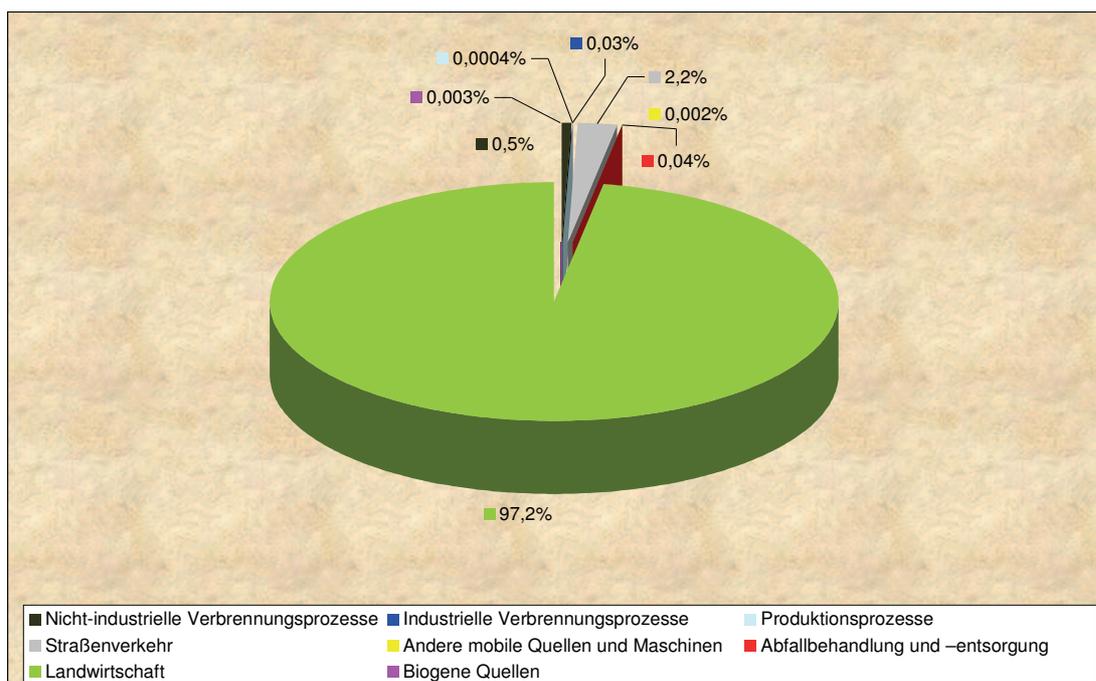


Abb.

20: Prozentuelle Verteilung der NH₃-Emissionen (Jahr 2007)

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 möglich krebserregend eingestuft, während Benzo(a)pyren als nachweislich kanzerogene 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:

Hauptgr. / Brennst.	bleifreies Benzin	Holz und holzähnliche Brennstoffe	Siedlungsabfälle
Nicht-industrielle Verbrennungsprozesse	0%	99,9995%	0%
Andere mobile Quellen und Maschinen	0,0003%	0%	0%
Abfallbehandlung und -entsorgung	0%	0%	0,0002%

Tab. 6: Anteil unterschiedlicher Hauptgruppen und Brennstoffe auf die PAK- Gesamtemission (Jahr 2007)

Flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (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 (CH₄) aus der Gruppe der VOCs ausgeklammert. Relevant sind die flüchtigen organischen Verbindungen v.a. als Vorläufersubstanzen für die Bildung von bodennahem Ozon.

In Südtirol ist der Wald der 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.

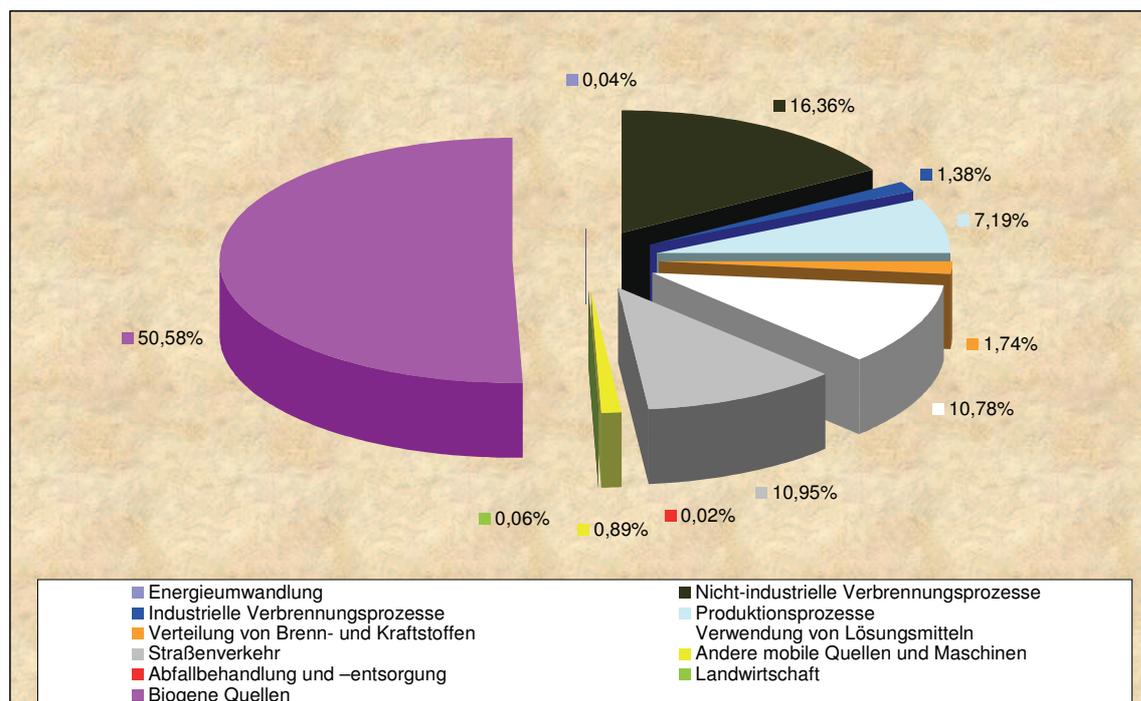


Abb.

21: Prozentuelle Verteilung der VOC-Emissionen (Jahr 2007)

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

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.

Treibhausgase

Treibhausgase tragen durch ihren Treibhauseffekt zur Erwärmung der Erdoberfläche bei. Zu den im Emissionskataster erfassten Treibhausgasen zählen Kohlenstoffdioxid, Methan und Distickstoffoxid. Aufgrund deren unterschiedlicher Treibhauspotenziale werden zur Berechnung der Treibhausgasemissionen die Emissionswerte in CO₂-Äquivalente umgerechnet. Dadurch wird der Einfluss der verschiedenen Emissionsgruppen auf den Treibhauseffekt vergleichbar:

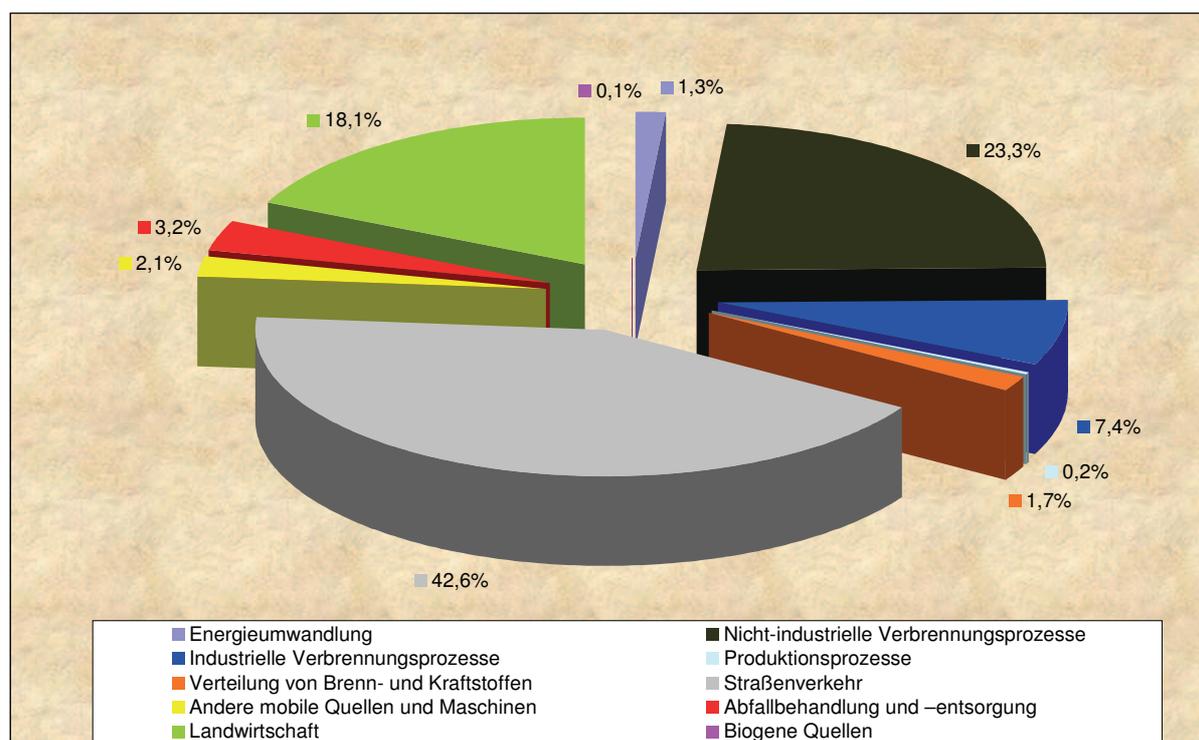


Abb. 23: CO₂- Äquivalente der Schadstoffe CO₂, N₂O und CH₄

Als Äquivalenzfaktoren für CH₄ und N₂O wurden dabei folgende verwendet (gemäß IPCC-Koeffizienten):

- CH₄: Äquivalenzfaktor 21
- N₂O: Äquivalenzfaktor 310

(Die Emissionen aus der Verbrennung von Biomasse werden als CO₂- neutral angesehen und werden somit bei der Berechnung nicht berücksichtigt).

Die nachfolgende Abbildung zeigt hingegen ausschließlich die Emissionen von CO₂ der einzelnen Makrosektoren. Da für gewisse Fragestellungen und Anwendungen außerhalb der Treibhausproblematik das tatsächlich emittierte CO₂ von Interesse ist, sind die Emissionen der Biomasseverbrennung ebenfalls enthalten und somit nicht CO₂-neutral:

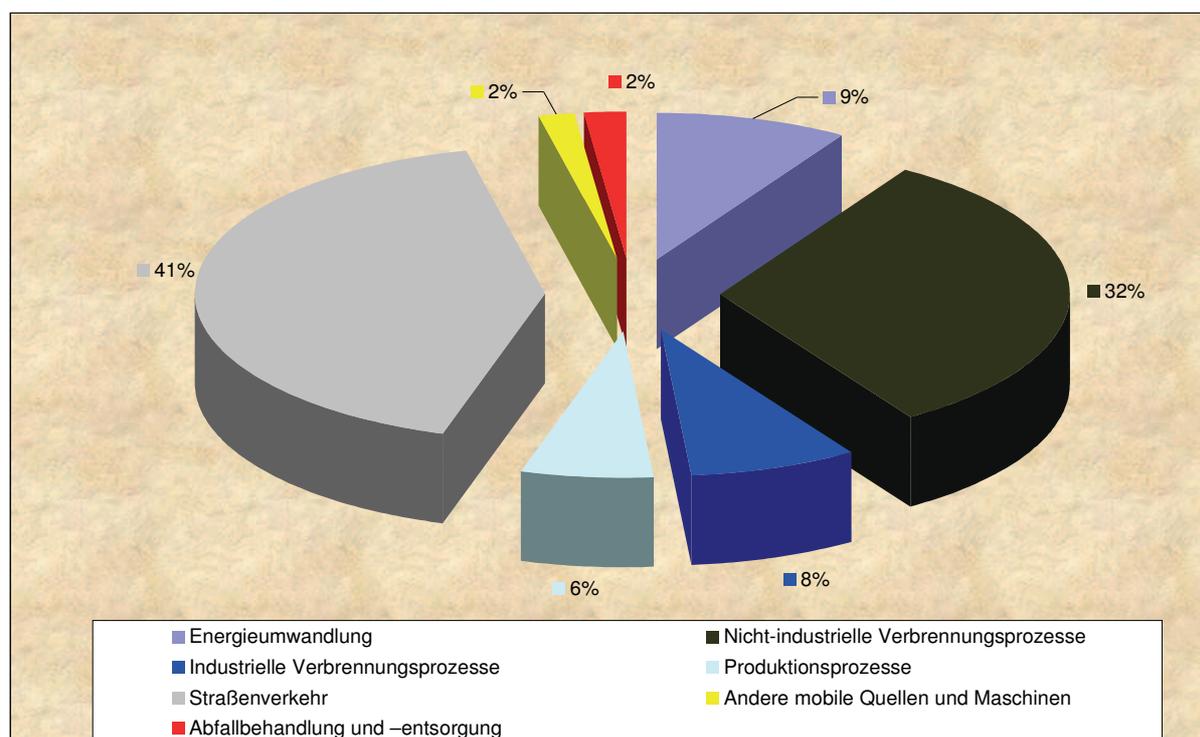


Abb. 24: CO₂- Emissionen nach Makrosektoren im Jahre 2007

Methan entstammt in Südtirol zu 72 % aus der Nutztierhaltung und dort größtenteils aus dem anaeroben Abbau der anfallenden tierischen Ausscheidungen sowie durch die Fermentation von Zellulose und anderen mit dem Futter aufgenommenen Stoffen im Pansen der Wiederkäuer. Das auf den Deponien durch den Abbau, der im Abfall enthaltenen organischen Kohlenstoffverbindungen in großen Mengen gebildete Methan, wird größtenteils mit Anlagen zur Gaserfassung abgesaugt und anschließend verbrannt (energetisch verwertet oder abgefackelt). Dennoch verbleibt eine Restmenge an ungenutzten Methan, welches in die Atmosphäre entweicht. Eine wichtige Rolle spielen auch die Gasverteilernetze, bei denen durch Verluste eine beachtliche Menge an Methan entweicht. Eine geringere Bedeutung hat der Faulen organischer Stoffe unter Luftabschluss in natürlichen Ökosystemen, wie etwa Sümpfen.

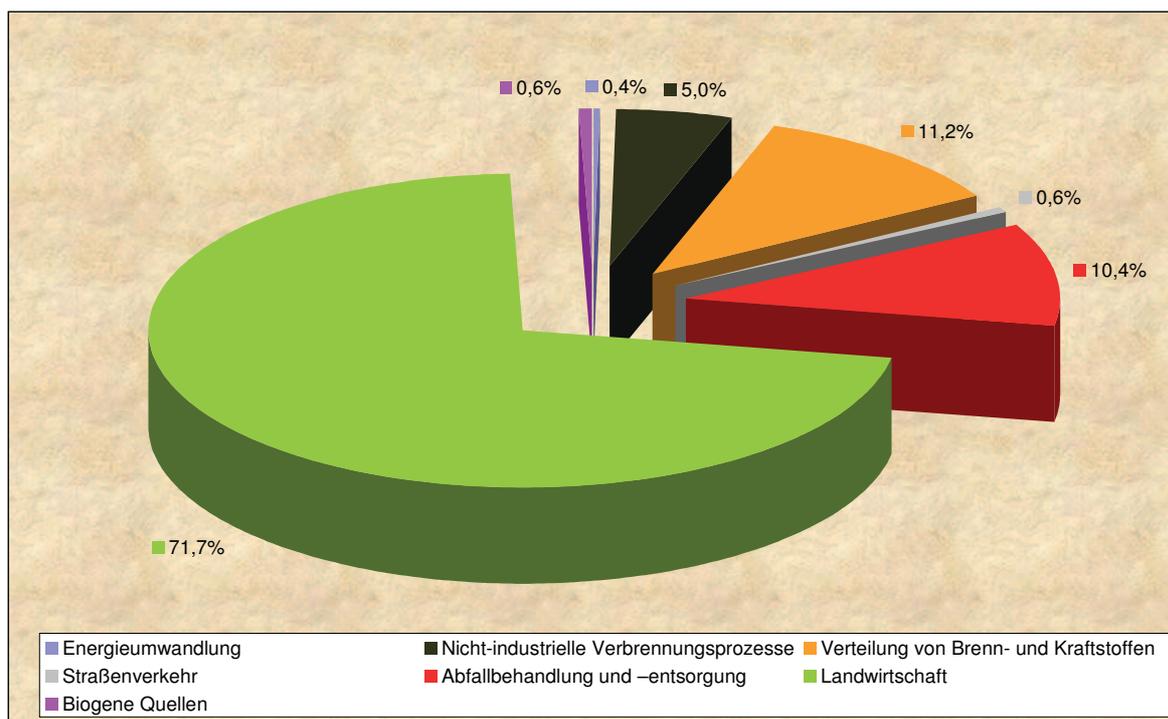


Abb. 25: Prozentuelle Verteilung der CH₄-Emissionen (Jahr 2007)

Distickstoffmonoxid, auch Lachgas genannt, wird auch zum größten Teil durch landwirtschaftliche Tätigkeiten erzeugt. Bei Sauerstoffmangel wird Stickstoffdünger im Boden in Lachgas umgewandelt und entweicht in die Atmosphäre:

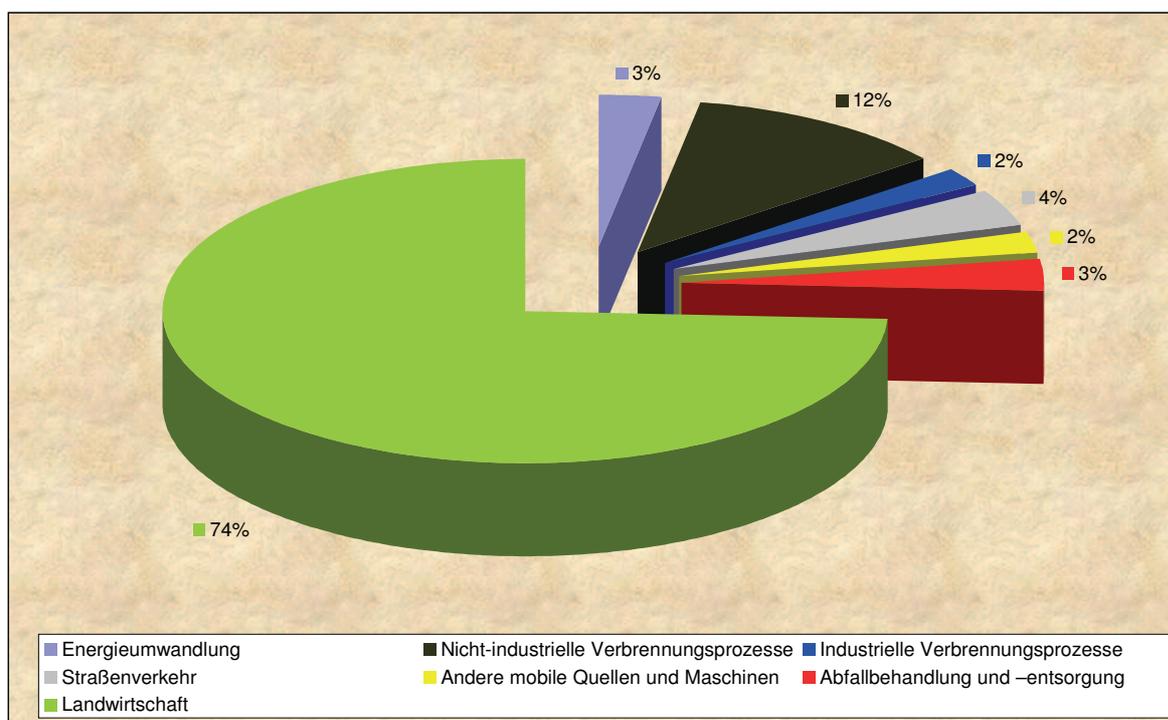


Abb. 26: Prozentuelle Verteilung der N₂O-Emissionen (Jahr 2007)

Sekundärschadstoffe

Sekundärschadstoffe werden nicht direkt aus den Quellen emittiert, sondern bilden sich durch chemische Reaktionen in der Atmosphäre. Aus diesem Grunde ist der sekundäre Anteil der Schadstoffe nicht im Emissionskataster berücksichtigt. Da sie die Luftqualität jedoch in entscheidendem Maße beeinflussen, werden sie nachfolgend kurz erläutert.

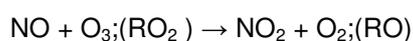
Sekundärer Feinstaub ($PM_{2,5}$ und PM_{10})

Sekundärer Feinstaub entsteht in der Atmosphäre durch chemische Reaktionen von Luftschadstoffen wie Ammoniak, Schwefeldioxid, Stickstoffoxiden oder gasförmigen Kohlenwasserstoffen (VOC). Die Reaktionsprodukte dieser Stoffe sind Ammoniumsulfate und Ammoniumnitrate sowie Aldehyde und Ketone als Oxidationsprodukte der NMVOC. Diese Stoffe lagern sich leicht an bereits in der Atmosphäre befindliche Kondensationskerne an und bilden so sekundären Feinstaub.

Sekundäre Teilchen sind in der Lage, große Entfernungen zu überwinden und tragen durch den Ferntransport zu Luftbelastungen an weit von der Quelle entfernten Orten bei.

Sekundäres Stickstoffdioxid (NO_2)

Bei allen Verbrennungsprozessen entstehen als Nebenprodukt Stickstoffoxide, welche sich aus den Schadstoffen NO und NO_2 zusammensetzen. Der überwiegende Teil des emittierten NO_x ist das NO, dessen Anteil zum Beispiel bei Kraftfahrzeugemissionen bei über 90% liegen kann. Durch das Vorhandensein von O_3 oder Peroxy (RO_2)- Radikale in der Atmosphäre wird dieses NO zu NO_2 umgewandelt:



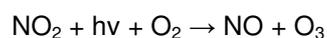
Zwar wird das gebildete NO_2 durch Photolyse rückverwandelt ($NO_2 + hv + O_2 \rightarrow NO + O_3$), allerdings sind einerseits die Geschwindigkeiten der beiden Reaktionen unterschiedlich,

andererseits hängen sie sehr stark von der jeweiligen Ozonkonzentration bzw. der jeweiligen Strahlungsintensität ab. So wird das NO in der Nacht durch das vorhandene Ozon fast vollständig in NO₂ überführt, da die NO₂- Photolyse und somit die Rückbildung des NO's nicht stattfindet. Diese unterschiedlichen Umwandlungsgrade können im Laufe eines Tages zu deutlichen Schwankungen der NO₂- Konzentration führen.

Ozon (O₃)

Ozon zählt zu den klimarelevanten Gasen und wird im Unterschied zu Feinstaub und Stickstoffdioxid zu Gänze erst in der Atmosphäre gebildet.

In der Stratosphäre bildet sich Ozon unter Einwirkung von ultravioletter Strahlung aus Sauerstoff (Ozonschicht). Das bodennahe Ozon hingegen entsteht unter Einwirkung von UV-Strahlung aus NO₂ und O₂:



Das Vorhandensein von flüchtigen organischen Kohlenwasserstoffen (VOC) in der Atmosphäre kann die Tendenz zur Ozonbildung verstärken, da diese zu einer Oxidation des gebildeten NO führen können, welches somit für die Reduktion von O₃ zu O₂ (NO + O₃ → NO₂ + O₂) nicht mehr zur Verfügung steht. Dies führt dazu, dass die höchsten Ozonkonzentrationen dort anzutreffen sind, wo intensive Sonnenstrahlung auf geringe NO- oder hohe VOC- Konzentrationen trifft.