

Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU)

Massnahmenplan Lufthygiene Novellierung 2016 und 2018

Schlussbericht

Zürich, 1. Dezember 2016

Chur, 1. November 2018

J. Heldstab, B. Schäppi

G. Thomann

Impressum

Massnahmenplan Lufthygiene

Novellierung 2016 und 2018 und 2018

Schlussbericht

Zürich, 1. Dezember 2016 (Novelle 2016); Chur, 1. November 2018 (Novelle 2018)

Massnahmenplan-Luftreinhaltung-GR_20181101.docx

Auftraggeber

Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU)

Projektleitung und redaktionelle Überarbeitung des Berichts vom 1. November 2018

G. Thomann, Abt. Luft, Lärm und Strahlung

Autorinnen und Autoren des Grundlagenberichts vom 1. Dezember 2016

J. Heldstab, B. Schächli

G. Thomann

INFRAS, Binzstrasse 23, 8045 Zürich

Tel. +41 44 205 95 95

Begleitgruppe

Michael Casutt (Amt für Energie und Verkehr), Werner Glünkin (Amt für Energie und Verkehr), Valentin Luzi (Amt für Landwirtschaft und Geoinformation), Beat Calonder (Amt für Natur und Umwelt), Stephan Coray (Amt für Natur und Umwelt), Hanspeter Lötscher (Amt für Natur und Umwelt), Hans Michel (Amt für Natur und Umwelt), René Müller (Amt für Natur und Umwelt), Gianfranco Tognina (Amt für Natur und Umwelt), Peter Vieli (Amt für Natur und Umwelt), Walter Peng (Amt für Raumentwicklung), Boris Spycher (Amt für Raumentwicklung), Andrea Kaltenbrunner (Amt für Wald und Naturgefahren), Gianfranco Donati (Strassenverkehrsamt), Gion Darms (Hochbauamt), Stefan Müller (Hochbauamt), Peter Stirnimann (Tiefbauamt, Fachstelle Langsamverkehr), Gion Hitz (Tiefbauamt, Strassenbaulabor), Peter Oberholzer (Tiefbauamt, Fachstelle Langsamverkehr), Marcel Züger (Tiefbauamt, Strassenbaulabor), Dan Ljungberg DOL (Environmental Engineering & Consulting)

Kontakt, Bezugsadresse:

Amt für Natur und Umwelt Graubünden, Gürtelstrasse 89, 7000 Chur

Tel: 081 257 29 46, E-Mail: info@anu.gr.ch

Mit Beschluss vom 20. Dezember 2016, Protokoll Nr. 1137 nahm die Regierung des Kantons Graubünden den Bericht „Massnahmenplan Lufthygiene, Novellierung 2016“ zustimmend zur Kenntnis und beauftragte die darin aufgeführten Departemente und Dienststellen – unter Vorbehalt der Budgetgenehmigung durch den Grossen Rat– mit der Umsetzung.

Vorliegende Version des Massnahmenplans Lufthygiene Graubünden ist eine redaktionelle und inhaltliche Überarbeitung der Version vom 1. Dezember 2016 mit folgenden Anpassungen, Änderungen und Ergänzungen:

- Orthographische Korrekturen;
- Streichung von vier der fünf Anträge an den Bund, da diese sich aufgrund der Revision der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) von 2018 erledigt haben;
- Streichung der Teilmassnahmen F1.7 und F2.2 sowie der Massnahme IG2 ebenfalls aufgrund der LRV-Revision von 2018;
- Neue Massnahme V5, welche einen Absenkpfad von Treibstoffverbrauch und Emissionen der kantonalen Personen- und Lieferwagenflotte vorsieht

Sämtliche Änderung sind im Vollzugsbericht 2017 zum Massnahmenplan vom 1. November 2018 in Form einer Korrigenda (Kapitel 7.5) festgehalten.

Die Regierung des Kantons hat die Novelle 2018 des Massnahmenplans am 11. Dezember 2018, Protokoll Nr. 1009 zustimmend zur Kenntnis genommen und diese zum Beschluss erhoben.

Inhalt

Impressum	2
Inhalt	4
Kurzfassung	6
1. Einleitung	8
1.1. Ausgangslage	8
1.2. Ziel und Auftrag	8
2. Luftqualität im Kanton Graubünden	9
2.1. Luftschadstoffimmissionen	9
2.2. Stickstoffdepositionen	17
2.3. Luftreinhaltung und Klimaschutz	19
2.4. Fazit	20
3. Emissionen, Reduktionsziele und Reduktionsbedarf	21
3.1. Emissionen von 2000 bis 2020 im Kanton Graubünden	21
3.2. Emissionsreduktionsziele	23
3.3. Prognosen, Ziele und Reduktionsbedarf für den Kanton GR	25
3.4. Emissionen und Reduktionsziele des Klimaschutzes	34
4. Massnahmen	36
4.1. Weiterentwicklung auf Basis des Vollzugsberichts 2014	36
4.2. Umgesetzte und nicht weiterzuführende Massnahmen	37
4.3. Weiterzuführende und neue Massnahmen	38
4.4. Branchenvereinbarung Zementwerk	42
4.5. Interventionskonzept	42
4.6. Synergien mit der kantonalen Klimastrategie	44
4.7. Wirkungen und Kosten der Massnahmen	45
5. Umsetzung und weiteres Vorgehen	46
5.1. Anträge an den Bundesrat, Koordination mit anderen Kantonen	46
5.2. Umsetzung und Vollzugskontrolle der kantonalen Massnahmen	48
6. Massnahmenblätter	49
6.1. Feuerungen	49
6.2. Verkehr	59
6.3. Industrie	71
6.4. Landwirtschaft	77
6.5. Querschnitt	81
7. Verzeichnisse	83

7.1.	Glossar	83
7.2.	Abkürzungsverzeichnis	86
7.3.	Abbildungsverzeichnis	89
7.4.	Tabellenverzeichnis	90
7.5.	Literaturverzeichnis	91
8.	Anhänge	95
8.1.	Anhang 1: Emissionen Kanton Graubünden 2000 - 2020	95
8.2.	Anhang 2: Erläuterungen zu den Massnahmen Feuerungen F1 bis F3	96

Kurzfassung

Seit 1993 verfügt der Kanton Graubünden über einen Massnahmenplan Lufthygiene auf der Basis des Bundesgesetzes über den Umweltschutz (USG) und der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) des Bundesrats. Der Massnahmenplan wurde seither mehrfach überarbeitet und aktualisiert. Mit dem Regierungsbeschluss nach der letzten Erfolgskontrolle im Jahr 2014 hat das Amt für Natur und Umwelt (ANU) den Auftrag erhalten, den Massnahmenplan zu überprüfen, gegebenenfalls anzupassen und ihn der Regierung zur Genehmigung vorzulegen.

Das ANU hat die heutigen Emissionen mit den Reduktionszielen des Bundes verglichen, um den Handlungsbedarf für die verschiedenen Luftschadstoffe zu identifizieren. Für die Schadstoffe, bei denen weiterhin ein Reduktionsbedarf besteht, wurden die bestehenden Massnahmen in Zusammenarbeit mit den kantonalen Fachstellen geprüft und aktualisiert. Bei Bedarf wurden neue Massnahmen ergänzt.

Wie die Immissionsmessungen des ANU zeigen, konnte dank der bisher umgesetzten Massnahmen die Luftqualität in den letzten Jahren verbessert werden. Die vom Bund vorgegebenen Emissionsreduktionsziele für Stickoxide (NO_x), Feinstaub (PM₁₀), flüchtige organische Verbindungen (NMVOC) und Ammoniak (NH₃) konnten jedoch bis zum heutigen Zeitpunkt bei keinem der Schadstoffe erreicht werden. Somit besteht für den Kanton Graubünden weiterhin ein Reduktionsbedarf. Die grössten Herausforderungen stellen die erhöhten Feinstaubkonzentrationen im Winter, die übermässige Ozonbelastung im Sommer sowie die Überschreitung der kritischen Eintragswerte für Ammoniak dar:

- **Erhöhte Feinstaubkonzentrationen** treten vor allem im Winter in Regionen mit ausgeprägten Kaltluftseen auf. Hauptverursacher sind die lokalen Holzfeuerungen, die insbesondere bei unsachgemäsem Betrieb wesentlich zu den erhöhten Feinstaubemissionen beitragen. Folge der erhöhten Konzentrationen sind negative Auswirkungen auf die Gesundheit, wie Erkrankungen der Atemwege und des Herz-Kreislaufsystems. Zur Reduktion der Feinstaubbelastung sind Verschärfungen von Emissionsgrenzwerten notwendig, vor allem aber auch Massnahmen zur Betriebsoptimierung von Holzfeuerungen.
- **Übermässige Ozonbelastung:** Im Sommer werden in weiten Teilen des Kantonsgebiets häufig die Immissionsgrenzwerte des Ozons überschritten, was mit entsprechend negativen Auswirkungen auf die Gesundheit verbunden ist. Als kurzlebige Treibhausgas trägt Ozon auch zur Klimaerwärmung bei. Ozon ist ein sekundärer Luftschadstoff. Um dessen Konzentrationen zu senken, sind daher Massnahmen zur Reduktion der Vorläufersubstanzen wie die flüchtigen organischen Verbindungen (NMVOC) und die Stickoxide (NO_x) notwendig. Bei den NMVOC-Emissionen besteht vor allem in Industrie und Gewerbe sowie

beim Verkehr ein Reduktionspotenzial. Dasselbe gilt auch für die NO_x-Emissionen. Werden Massnahmen in Industrie /Gewerbe und beim Verkehr realisiert, tragen diese auch zu einer Reduktion der Kohlendioxid-Emissionen (CO₂) bei. CO₂ ist das wichtigste Treibhausgas. Reduktionen der CO₂-Emissionen weisen deshalb Synergien mit den Klimaschutzzielen auf, die sich der Kanton Graubünden in seiner Klimastrategie gesetzt hat.

- **Überschreitung der kritischen Konzentrationen (*critical levels*) für Ammoniak und der kritischen Eintragswerte (*critical loads*) für Stickstoff:** Die *critical levels* für Ammoniak werden vor allem in den intensiv genutzten Landwirtschaftsregionen überschritten, die *critical loads* sogar grossflächig in allen tieferen Lagen Graubündens. Beides führt zu einer Beeinträchtigung der natürlichen Ökosysteme, zu einer Reduktion der Biodiversität, zur Verringerung der Bodenfruchtbarkeit und zur Eutrophierung /Überdüngung des Grundwassers, der Bäche und Seen. Die Ammoniakemissionen stammen zu über 90 % aus der Landwirtschaft. Zu deren Reduktion sind Massnahmen vor allem in der Viehwirtschaft notwendig.

Die Massnahmen des neuen, vorliegenden Massnahmenplans wurden gezielt im Hinblick auf die oben genannten, grössten Herausforderungen und auf die vorhandenen Potenziale formuliert. Ausserdem wurde darauf geachtet, die bedeutenden und vorhandenen Synergien zum Klimaschutz zu nutzen. Die Massnahmen werden nicht mehr wie bisher nach Schadstoffen, sondern neu nach Emissionsquellen gegliedert. Für die vier wichtigsten Quellen Feuerungen, Verkehr, Industrie /Gewerbe und Landwirtschaft wurde jeweils ein Paket von Massnahmen erarbeitet.

Die Umsetzung der Massnahmen ist mit Kosten verbunden, welche teilweise für die öffentliche Hand anfallen und teilweise von der Privatwirtschaft und den Haushalten getragen werden müssen. Die nötigen Aufwendungen von Seite der kantonalen Verwaltung können aber mehrheitlich im Rahmen der bestehenden Kapazitäten erbracht werden. Kosten für die öffentliche Hand fallen wie bisher im Rahmen der Erfolgs- und Wirkungskontrolle an und können über das ordentliche Budget gedeckt werden. Den Kosten gegenüber steht der Nutzen der Massnahmen in der Reduktion von Gesundheitskosten, die durch Luftverschmutzung verursacht werden, sowie Nutzen für Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume, indem die Massnahmen zur Erhaltung der Biodiversität beitragen. Schliesslich leisten die Massnahmen dank ihrer gleichzeitigen Reduktion von Treibhausgasen einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz.

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

Bei übermässigen Luftschadstoffbelastungen sind die Kantone gemäss Umweltschutzgesetz (USG) und Luftreinhalte-Verordnung (LRV) dazu verpflichtet, Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität festzulegen und umzusetzen. Dieser Verpflichtung kommt der Regierungsrat des Kantons Graubünden wie folgt nach: 1992 hat er seinen ersten Massnahmenplan in Kraft gesetzt und hat das heutige Amt für Natur und Umwelt (ANU) für die Umsetzung als zuständig erklärt. Seit seiner ersten Ausgabe wurde der Massnahmenplan mehrmals ergänzt, angepasst und auf seinen Erfolg hin evaluiert (ANU 2007). Im Jahr 2014 erfolgte die jüngste Erfolgskontrolle (ANU 2014a). Sie endete mit Anträgen an die Regierung, die mit dem Regierungsbeschluss (RB) vom 22.10.2014, Protokollnummer 961 genehmigt wurden. Mit dem RB hat das ANU gleichzeitig den Auftrag erhalten, den Massnahmenplan zu überprüfen, gegebenenfalls anzupassen und ihn der Regierung zur Genehmigung wieder vorzulegen. Das ANU versteht diesen Auftrag im Sinne einer „Novellierung“ unter Berücksichtigung

- der aktuellen Luftbelastung im Kanton,
- des Standes der Umsetzung der bisherigen Massnahmen per Ende 2014,
- der Anträge der Dienststellen und des regierungsrätlichen Auftrags,
- des Cercl’Air-Mustermassnahmenplans aus dem Jahr 2012, der eine Gliederung nach Sektoren vorschlägt,
- der Bildung von Schwerpunkten auf der Grundlage der grössten lufthygienischen Problemfelder.

1.2. Ziel und Auftrag

Der Massnahmenplan aus dem Jahr 2007 soll an die aktuelle lufthygienische Situation angepasst werden. Das ANU hat INFRAS damit beauftragt, den bestehenden Massnahmenplan in diesem Sinne zu überarbeiten. Die Bearbeitung erfolgte in zwei Schritten:

- Zuerst wurden die aktuellen Emissionen und Immissionen mit Reduktions- und Luftqualitäts-Zielen verglichen, um pro Schadstoff den Bedarf an weiteren oder verschärften Massnahmen zu identifizieren.
- Anschliessend wurden für diejenigen Schadstoffemissionen, bei denen die Reduktionsziele noch nicht erreicht sind, die bestehenden Massnahmen in Zusammenarbeit mit den involvierten kantonalen Fachstellen überarbeitet oder bei Bedarf neue Massnahmen konzipiert.

2. Luftqualität im Kanton Graubünden

2.1. Luftschadstoffimmissionen

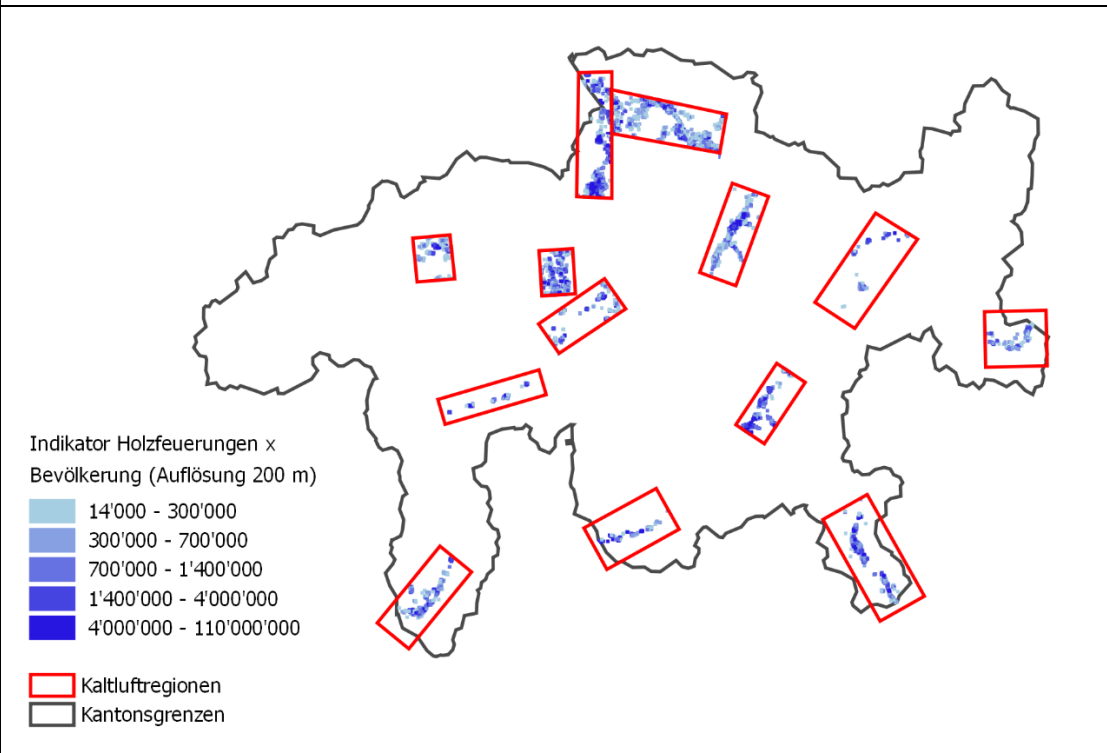
2.1.1. Feinstaub PM10

Feinstaub PM10 ist ein Gemisch aus primär emittierten Partikeln und sekundär gebildeten Staubteilchen, welche aus gasförmigen Vorläufern (Stickoxide, Schwefeldioxid, Ammoniak und flüchtige organische Verbindungen) in der Atmosphäre entstehen und einen Durchmesser von weniger als $10\ \mu\text{m}^1$ aufweisen (BAFU 2015). Primäre und sekundäre Partikel haben momentan je hälftig Anteil an den Feinstaubimmissionen. PM10 ist gesundheitsgefährdend. Einzelne Bestandteile wie Russ und polyzyklische, aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind krebserzeugend, sodass deren Ausstoss – hauptsächlich verursacht durch Dieselmotoren und Holzfeuerungen – möglichst vermieden werden sollte (EKL 2013). Deshalb gilt für Russ und PAK das Minimierungsgebot (gestützt auf Anhang 1 Ziff. 82 i.V.m. Ziff. 83 LRV). Für die gesamten PM10-Immissionen schreibt die LRV einen Langzeit- und einen Kurzzeit-Immissionsgrenzwert vor (Anhang 7 LRV). Daneben enthält die LRV auch Emissionsgrenzwerte für Staub (beispielsweise bei Feuerungen). Weitere Gesetzeserlasse enthalten Emissionsvorschriften für Fahrzeuge (vgl. Strassenverkehrsgesetzgebung).

Grenzwertüberschreitungen werden vornehmlich im Churer Rheintal und im Unteren Misox gemessen (ANU 2015e). Im Unteren Misox sind für die Überschreitungen hauptsächlich die vielen, alten Holzfeuerungen verantwortlich. Die hohen Immissionen treten bei bestimmten Witterungsbedingungen (Inversionslagen im Winter) und speziellen topografischen Gegebenheiten (schlechte Durchlüftung) auf. PM10-Immissionen sind deshalb im Winter problematisch (Wintersmog). Abbildung 1 zeigt weitere Gebiete im Kanton Graubünden, in denen die Wahrscheinlichkeit für Grenzwertüberschreitungen im Winter aufgrund dieser Voraussetzungen (Inversionslage, schlechte Durchlüftung) gegeben ist und wo gleichzeitig auch viele Einwohner betroffen sind. Abbildung 2 zeigt gemessene Jahresmittelwerte der PM10-Immissionen. Eng verknüpft mit der PM10-Problematik sind auch die PM2.5-Immissionen, siehe dazu Kap. 2.1.5 und die Abbildung 5.

¹ $10\ \mu\text{m}$ sind 10 Millionstel Meter

Abbildung 1: Die Karte zeigt Gebiete (innerhalb der roten Rahmen), in denen die Bevölkerungsdichte und der Brennholzverbrauch hoch und die topografischen Gegebenheiten besonders ungünstig (mangelnde Durchlüftung in der kalten Jahreszeit) sind. Damit sind diese Gebiete für Überschreitungen der PM10-Immissionsgrenzwerte im Winter besonders exponiert.



Quelle: Holzenergieverbrauch aus ANU (2015d), Einwohner nach Bundesamt für Statistik, Aufbereitung durch INFRAS.

2.1.2. Ozon (O₃)

Bodennahes Ozon² ist ein sekundärer Luftschadstoff, der aus gasförmigen Vorläufersubstanzen gebildet wird, nämlich aus Stickoxiden (NO_x) und aus flüchtigen Kohlenwasserstoffen (VOC). Ozon beeinträchtigt die Atemwege, vermindert die Leistungsfähigkeit der Lungen und schädigt Pflanzen. In der LRV sind deshalb Immissionsgrenzwerte für Ozon verankert (BAFU 2015b). Im Übrigen wirkt Ozon in den unteren Luftschichten als starkes Treibhausgas (BAFU 2015).

Die Ozonbelastung ist jeweils im Sommer zu hoch (Sommersmog). Der Ozon-Stundenmittelgrenzwert wurde in den letzten drei Jahren im Misox während hunderten von Stunden und im Rheintal in der Grössenordnung von 100 Stunden überschritten (Abbildung 2 zeigt die Situation im Jahre 2014). Das Misox ist zusammen mit dem Tessin in der Schweiz am

² Ozon in der Stratosphäre absorbiert einen grossen Teil der ultravioletten Strahlung der Sonne und verhindert dadurch schädliche Auswirkungen auf Pflanzen und Tiere. Bodennahes, troposphärisches Ozon ist hingegen gesundheitsschädlich und trägt als Treibhausgas zu globaler Erwärmung bei.

höchsten mit Ozon belastet. Die Ozonspitzen haben zwar in den letzten Jahren dank schweizerischen und europaweiten Massnahmen zur Reduktion der Vorläufersubstanzen deutlich abgenommen (vgl. Abbildung 2). Die Anzahl der Stundenmittelwerte über dem Immissionsgrenzwert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist jedoch immer noch viel zu hoch. Zudem überschreiten die 98-Perzentilwerte eines Monats an allen Messstationen den Grenzwert von $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ANU 2015e). Um den Grenzwert einhalten zu können, müssen die Stickoxidemissionen im Vergleich zu heute halbiert und die VOC-Emissionen um ein Viertel reduziert werden. Mit zunehmender Klimaerwärmung ist zu erwarten, dass die Ozon-Problematik sich verschärfen wird. So muss man besonders im Sommer wegen zunehmender Hitze vermehrt mit Smog-Episoden rechnen. Bodennahes Ozon ist somit im Sommer ein Problem - im Gegensatz zum PM10, welches im Winter problematisch ist.

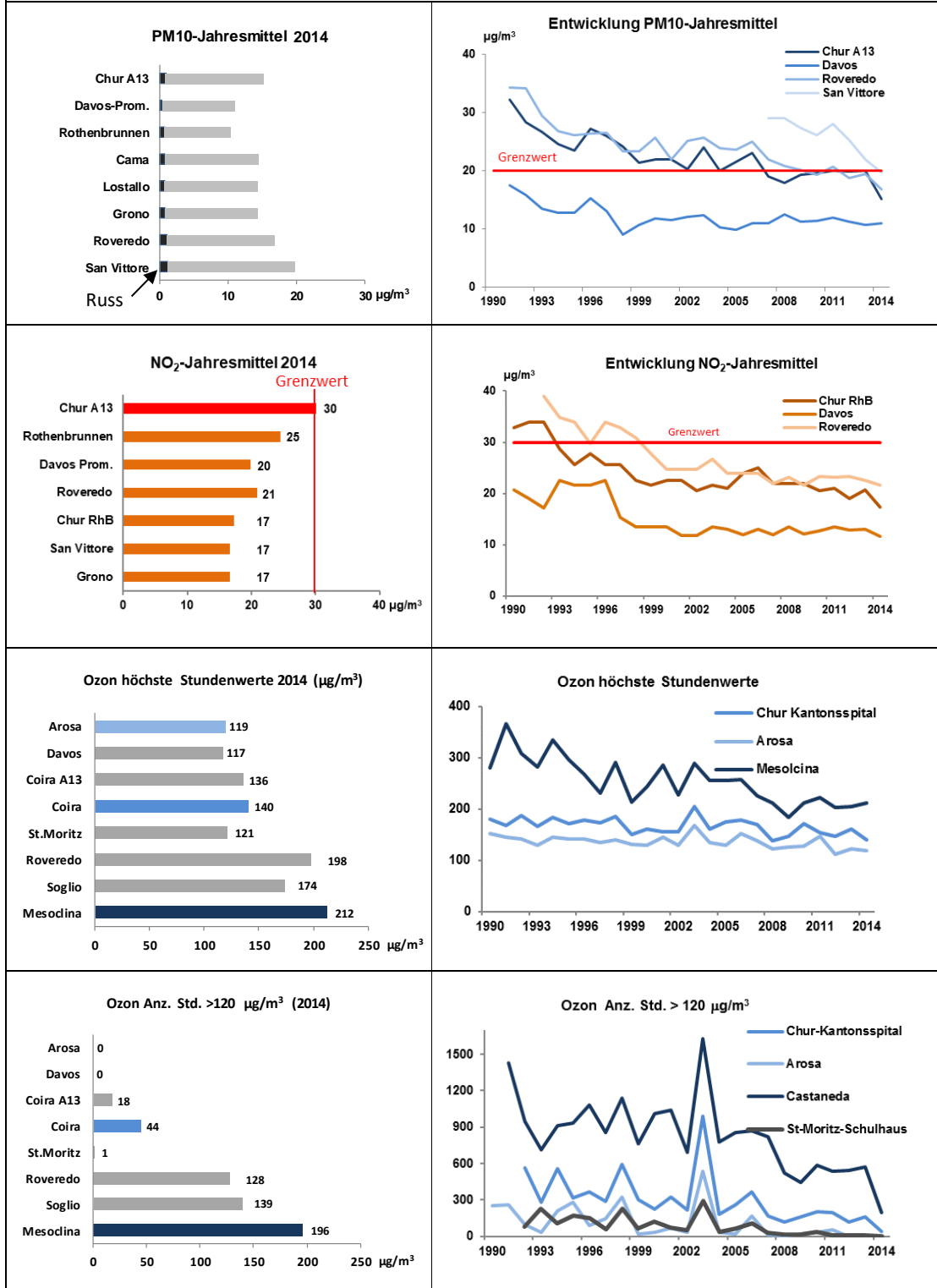
2.1.3. Stickstoffdioxid (NO_2)

Stickstoffdioxid (NO_2) führt zu Erkrankungen der Atemwege (BAFU 2014) und zur Überdüngung von Ökosystemen, schädigt Pflanzen und beeinträchtigt die Biodiversität (BAFU 2014a). Ausserdem ist es eine der wichtigen Vorläufersubstanzen für die Bildung von sekundärem Feinstaub (BAFU 2015). In der LRV sind deshalb Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid (NO_2) festgesetzt³.

Erhöhte Stickstoffdioxid (NO_2)-Belastungen treten heute nur noch an Hauptverkehrsachsen auf (Nationalstrassen A13 und A48, vgl. dazu Abbildung 2). An den Bündner Messstationen ist der Immissionsgrenzwert heute nicht mehr überschritten (ANU 2015e). Trotz der Verkehrszunahme haben die schrittweise Optimierung der Motorentechnologie (Euro-Normen) und der Abgasnachbehandlungssysteme (Katalysatorteknologie) zu einer Abnahme der verkehrsbedingten Stickstoffdioxid-Belastung geführt. Allerdings bedeutet die Einhaltung des Grenzwerts noch nicht, dass damit das Problem Stickstoff gelöst wäre, denn Stickstoffdioxid trägt als Vorläufersubstanz wie oben beschrieben zur Ozonbildung bei und führt zu übermässiger Deposition von reaktiven Stickstoffverbindungen (siehe Kap. 2.2).

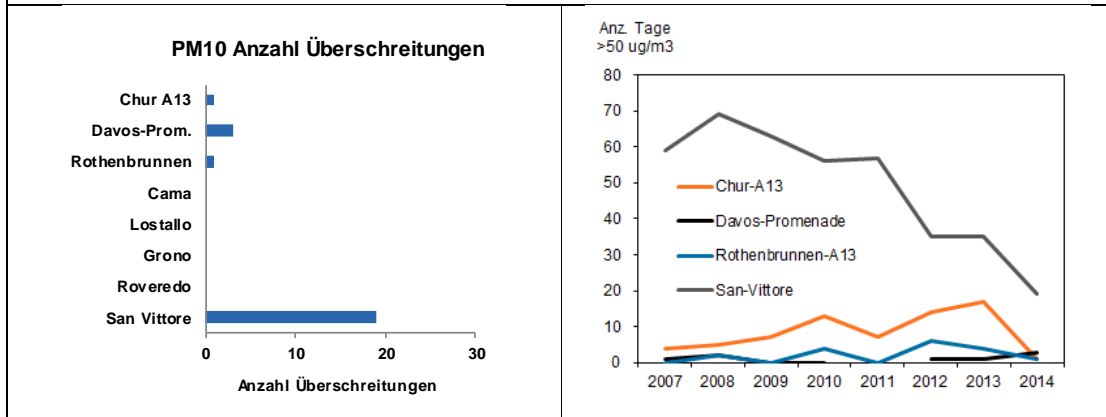
³ Wie im Falle von PM10 enthalten die LRV sowie weitere gesetzliche Erlasse Emissionsvorschriften für stationäre Anlagen und Fahrzeuge.

Abbildung 2: PM10-, NO₂- und Ozon-Immissionen inkl. LRV-Grenzwerte (rote Striche); Ozon: der 1-h-Mittelwert darf höchstens einmal pro Jahr über 120 µg/m³ liegen.



Quelle: ANU Jahresberichte Luft 2013 und 2014 (ANU 2015e)

Abbildung 3: Abb. links: Anzahl Tage mit PM10 24-h-Mittelwert höher als 50 µg/m³ im Jahr 2014. Abb. rechts: Trend 2007 bis 2014. Der Wert darf gemäss LRV höchstens einmal pro Jahr überschritten werden.



Quellen: Abb. links: Luftqualität 2014 im Kanton Graubünden (ANU 2015e). Abb. rechts: BAFU 2015c.

2.1.4. Ammoniak

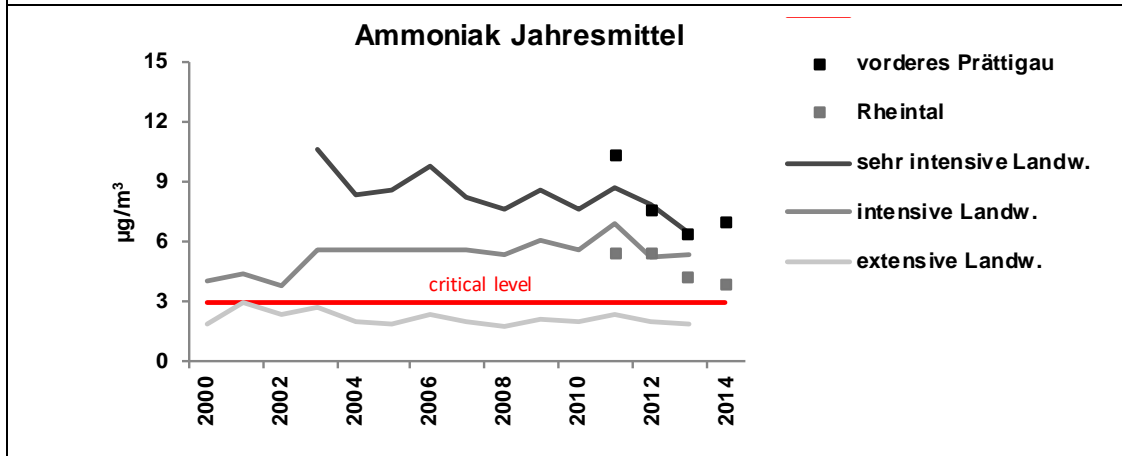
Ammoniak verursacht bei hohen Konzentrationen akute Schäden an der Vegetation, führt zur Versauerung und Überdüngung der Böden mit schädlichen Folgen für Ökosysteme. Ausserdem ist es wie Stickstoffdioxid (NO₂) eine wichtige Vorläufersubstanz für die Bildung von sekundärem Feinstaub (BAFU 2014a, 2015).

Für Ammoniak gibt es zwar keinen Immissionsgrenzwert in der LRV, aber im Göteborg-Protokoll (Details siehe Kap. 3.2), das von der Schweiz unterschrieben wurde, gibt es eine kritische Belastungskonzentration (*critical level*) für Ammoniak. Der Wert „zum Schutz von höheren Pflanzen“ beträgt 3 µg/m³ im Jahresmittel (EKL 2014). Der *critical level* hat den Stellenwert eines Immissionsgrenzwertes der LRV.⁴ *Critical levels* (wie auch *critical loads*, siehe Kapitel 2.2) können deshalb nach Artikel 2 Abs. 5 LRV zur Beurteilung der Ammoniak-Immissionen herangezogen werden.

Die Ammoniak (NH₃)-Belastung ist in den intensiv genutzten Landwirtschaftsregionen wie dem Rheintal und dem vorderen Prättigau erhöht (Abbildung 4), der *critical level* ist an allen Messstandorten mit intensiver Landwirtschaft überschritten.

⁴ <http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/11607/11608/index.html?lang=de>

Abbildung 4: NH₃-Immissionen. „Rheintal“: Mittelwert der Stationen Malans, Zizers und Domat/Ems. „Vorderes Prättigau“: Grösch. Linien: Mittelwerte über mehrere Stationen im OSTLUFT-Gebiet Klassifikation siehe OSTLUFT 2015.



Quelle: Messberichte OSTLUFT (2015).

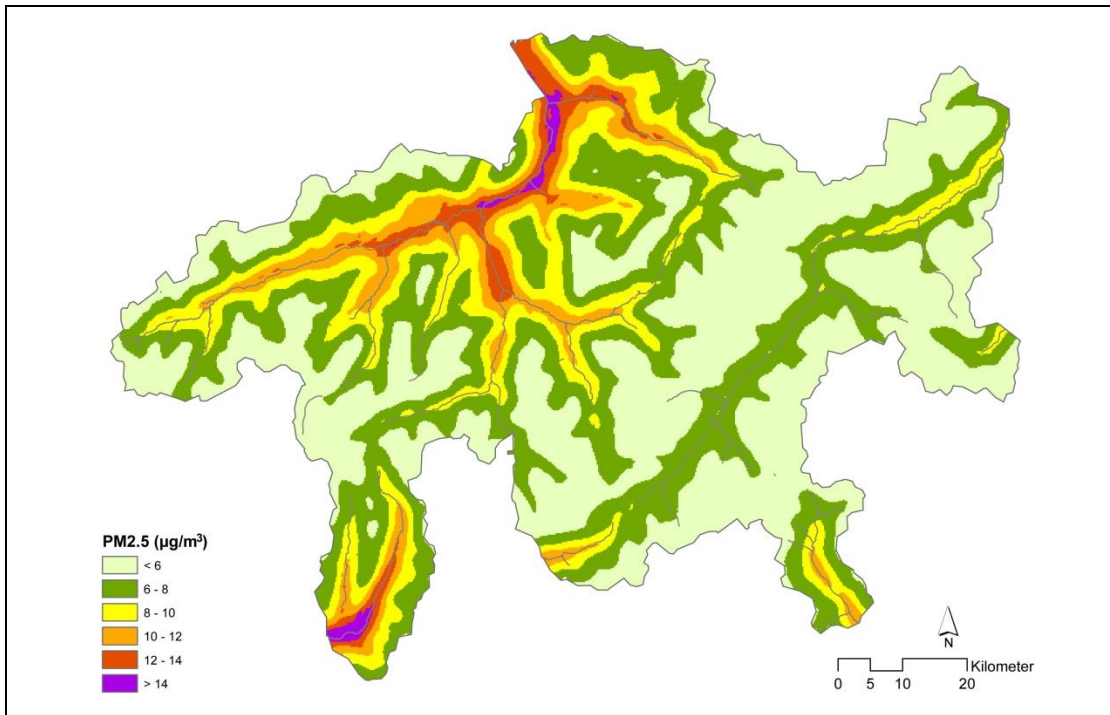
2.1.5. Feinstaub PM2.5

Feinstaub PM2.5 ist wie PM10 ein Gemisch aus primär emittierten Partikel und sekundär gebildeten Staubteilchen. Zum PM2.5 tragen aber nur jene Staubteilchen bei, deren Durchmesser kleiner ist als 2.5 µm⁵. Damit ist PM2.5 eine Fraktion von PM10. Seit 2018 gibt es sowohl für PM10 als auch für PM2.5 einen Immissionsgrenzwert in der LRV. Studien weltweit zeigen, dass die Gesundheitsgefährdung des PM10 insbesondere durch die Fraktion PM2.5 verursacht wird. Zurzeit macht PM2.5 in der Schweiz zwischen 70 % und 80 % des PM10 aus.

Im Kanton Graubünden wird PM2.5 nicht kontinuierlich gemessen. Für das Jahr 2005 gibt es aber eine Modellrechnung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) für die Schweiz (BAFU 2013). Sie zeigt für den Kanton Graubünden, dass der vorgeschlagene Immissionsgrenzwert von 10 µg/m³ in allen tieferen Lagen (unterhalb von 1500 m ü.M.) überschritten wäre (Abbildung 5).

Abbildung 5: Modellierte PM2.5-Immission 2010. Die Weltgesundheitsorganisation empfiehlt den Grenzwert von 10 µg/m³ (WHO 2005).

⁵ 2.5 µm sind 2.5 Millionstel Meter



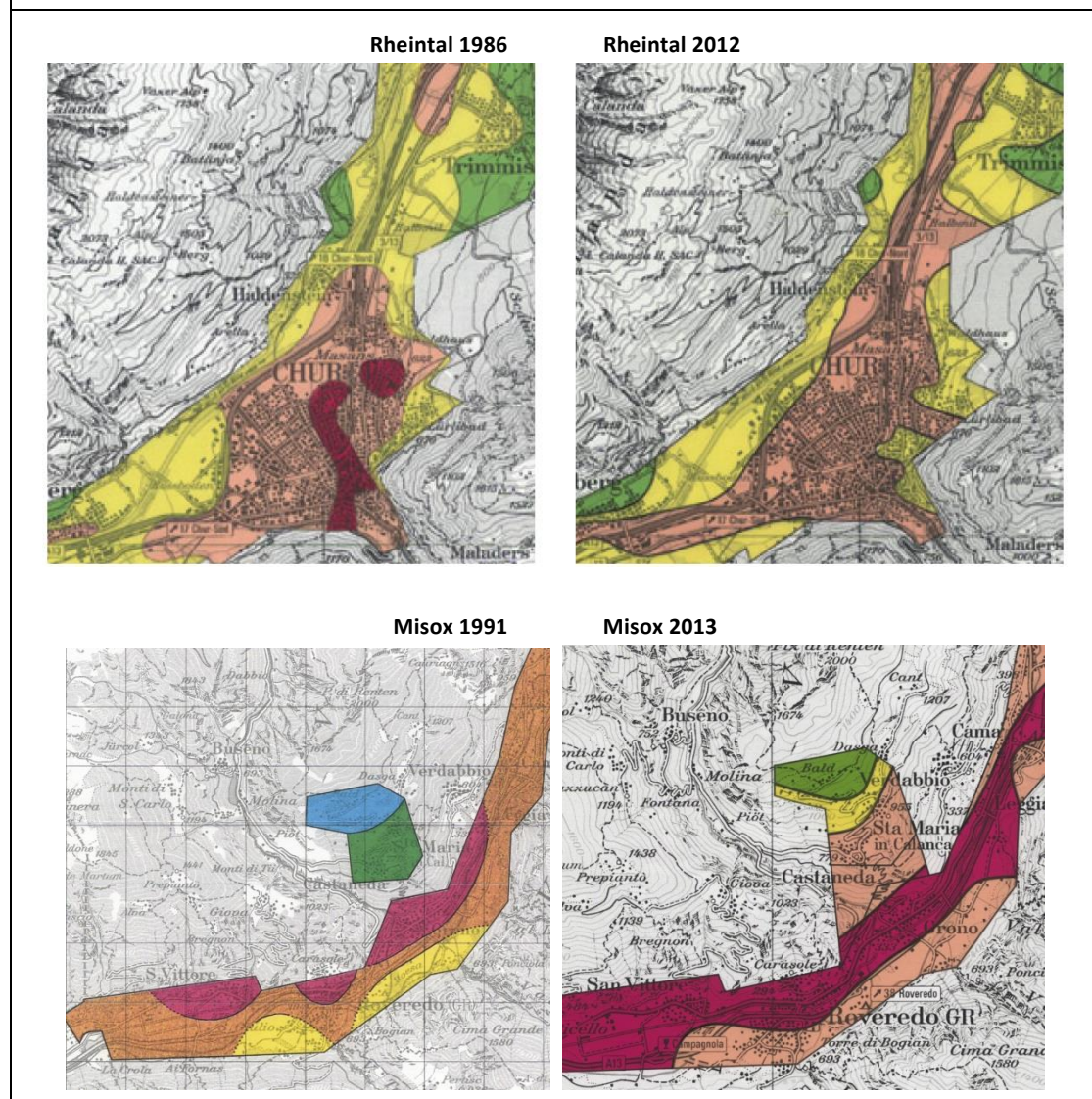
Quelle: Datengrundlage BAFU (2013). Aufbereitung durch INFRAS.

2.1.6. Bioindikation mit Flechten

Die Flechtenindikationsmethode erlaubt es, Aussagen über die Luftqualität als Ganzes (Summeneffekte von Belastungen durch Stickoxide, Ammoniak, Ozon, Feinstaub, Schwermetalle, Staubbiederschlag sowie weitere Luftschadstoffe und sogar radioaktive Substanzen) an einem Standort zu machen. Der Kanton Graubünden führt seit 1986 Flechtenstudien zur Bestimmung der Luftqualität sowie deren Veränderung im Rheintal und Misox durch, in den Jahren 2012 und 2013 bereits zum dritten Mal. Bis Ende der 90er Jahre konnten dank technischer Entwicklungen grosse Fortschritte in der Luftbelastung einzelner Substanzen erzielt werden (Einsatz von Katalysatoren oder Verbesserungen der Heizanlagen und der Gebäudeisolation). Die Flechten zeigen jedoch an, dass die Luftqualität als Ganzes sich seit 2000 nicht mehr im gleichen Mass verbessert, sondern sich bei einer mittleren Gesamtbelastung nivelliert hat. Zwar gibt es im Rheintal, im Zentrum von Chur und Landquart keine Zonen mit sehr hoher Luftgesamtbelastung mehr, dafür sind die Zonen mit sehr geringer Gesamtbelastung geschrumpft. Im Misox ist die Luft nach wie vor zwischen San Vittore und Grono stark belastet. Der zunehmende Verkehr, die Ausdehnung der Agglomerationen, die Anreicherung der Umwelt mit reaktiven Stickstoffverbindungen (Eutrophierung, vgl. Kapitel 2.2) und die hohe Luftbelastung bei Sommer- und

Wintersmog-Episoden haben dazu geführt, dass im Unteren Misox die Gesamtbelastung nach wie vor hoch ist (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 6: Flechtenkarten 1986 und 2013 fürs Rheintal und das Misox.



Legende für die Luftgesamtbelastung:
 dunkelrot – gross, hellrot - relativ gross, gelb – mässig, grün – gering.

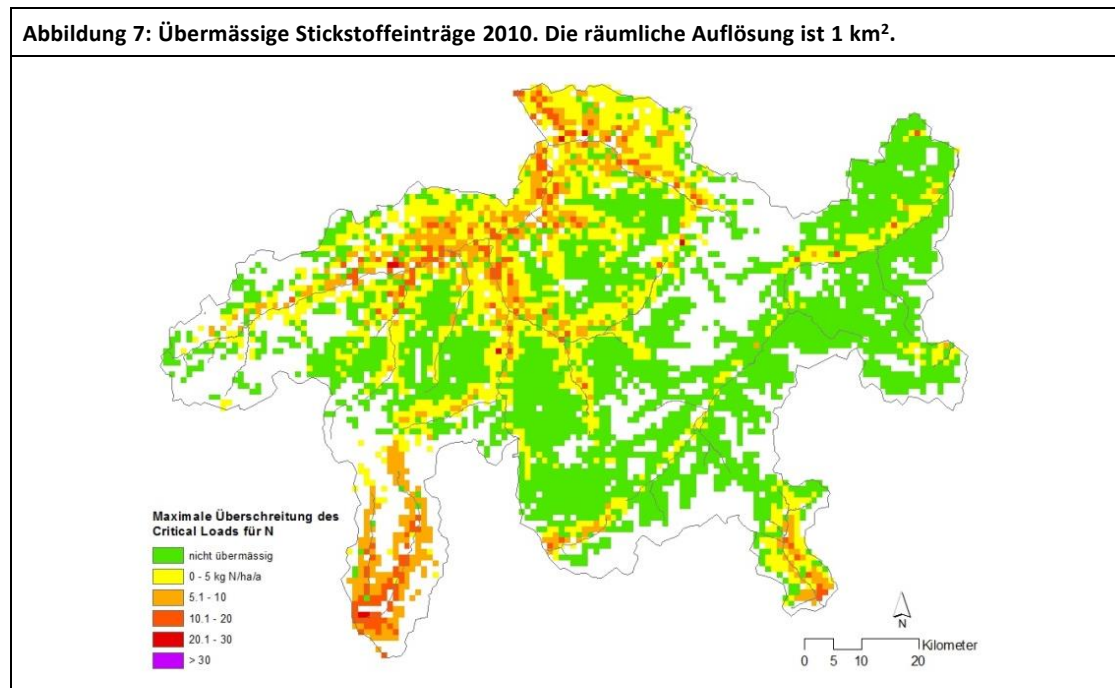
Quelle: Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten im Kanton Graubünden (ANU, 2012/2013).

2.2. Stickstoffdepositionen

Erhöhte Stickstoffdepositionen⁶ führen zur Anreicherung von Stickstoff in den Böden und beeinträchtigen Wälder, artenreiche Naturwiesen, alpine Heiden, Hoch- und Flachmoore. In der Folge wird auch Auswaschung von Nitrat in Grundwasser und Oberflächengewässer erhöht. Diese Effekte beeinflussen die Biodiversität in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen in unerwünschter Weise. Das Göteborg-Protokoll, das von der Schweiz unterzeichnet wurde (siehe Kap. 2.1.4), legt deshalb kritische Eintragungswerte (*critical loads*) fest (siehe Kap. 3.2). Verantwortlich für die Einträge sind reaktive Stickstoffverbindungen aus der Luft, die ihren Ursprung in den Emissionen von Ammoniak aus der Landwirtschaft und von Stickoxiden aus Verbrennungsprozessen haben.

Wie Abbildung 7 zeigt, sind die Stickstoffdepositionen in Tallagen Nord- und Südbündens fast durchwegs höher als die kritischen Eintragungsschwellen (*critical loads*). Sie sind damit übermässig (Farbstufen gelb, orange, rot) im Sinne des USG (vgl. Erläuterungen in Kap. 3.2). Nur in den höheren Lagen inkl. Teilen des Engadins sind die Schwellen nicht überschritten (Farbstufe grün). Wo die Karte weiss bleibt, sind keine Schwellenwerte definiert.

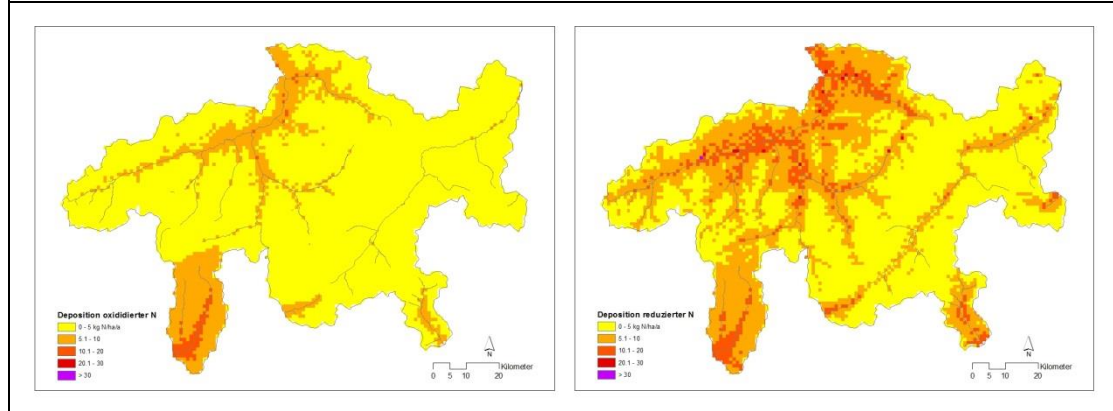
⁶ Mit „Deposition“ sind Einträge und Ablagerungen von gelösten, staub- oder gasförmigen Luftinhaltsstoffen aus der Atmosphäre auf die Erdoberfläche gemeint.



Die kritische Eintragungsschwelle ("critical load") für Stickstoffverbindungen liegt je nach Bodentyp zwischen 10 und 15 kg N/ha und pro Jahr. Ein übermässiger Stickstoffeintrag von 10 bis 20 kg N/ha und pro Jahr bedeutet demnach, dass der Eintrag mindestens 20 bis 30 kg N/ha pro Jahr beträgt. An Orten auf der Karte ohne farbige Markierung ist kein kritischer Eintrag definiert. Quelle: BAFU (2015a).

Die beiden Karten in der nachfolgenden Abbildung 8 geben weitere Informationen zur Herkunft der Schadstoffe. Die Einträge setzen sich aus zwei Komponenten zusammen, aus oxidierten Verbindungen, die aus Stickoxiden (NO_x) entstehen (Karte links) und aus reduzierten Verbindungen, die aus Ammoniak (NH_3) entstehen (Karte rechts). Die oxidierten Verbindungen (aus NO_x) enthalten hohe Anteile importierter Schadstoffe, während die reduzierten Verbindungen (NH_3) auf lokale Quellen deuten. Die reduzierten Verbindungen sind über den ganzen Kanton gesehen um den Faktor 1.6 höher als die oxidierten. Weil Ammoniak in der Schweiz zu mehr als 95 % aus der Landwirtschaft emittiert wird, stammt der allergrösste Teil der reduzierten Verbindungen aus der lokalen Landwirtschaft. Daraus lässt sich weiter folgern, dass die Landwirtschaft Hauptverursacherin der Überschreitungen der "critical loads" ist.

Abbildung 8: Einträge von oxidierten (links) und reduzierten (rechts) Stickstoffverbindungen 2010. Die räumliche Auflösung ist 1 km².



Oxidierte Verbindungen (links) stammen aus lokalen und weiträumig importierten Stickoxiden (NO_x), reduzierte Verbindungen zum grössten Teil aus lokal emittiertem Ammoniak (NH₃) aus der Landwirtschaft. Quelle: BAFU (2015).

2.3. Luftreinhaltung und Klimaschutz

Viele Luftschadstoffe haben eine direkte oder indirekte Beeinflussung des Klimas zur Folge und tragen insbesondere in unerwünschter Weise zur Klimaerwärmung bei. Deshalb ist es für Reduktionsstrategien der Luftreinhaltung und des Klimaschutzes wichtig, Synergien zu identifizieren und zu nutzen. Treibhausgase und Luftschadstoffe haben zahlreiche, gemeinsame Quellen. Massnahmen in der Lufthygiene, die auf eine Verhaltensänderung und eine umsichtige Nutzung der Ressourcen zielen, gehen vielfach mit einer gleichzeitigen Minderung von Klimagasen und Schadstoffen einher und tragen damit zur Lösung beider Probleme bei, beispielsweise Energiesparmassnahmen oder die Nutzung sauberer erneuerbarer Energien wie Wasser, Sonne, Wind und Geothermie. Auch die Reduktion des Treibstoffverbrauchs schränkt den Ausstoss von Luftschadstoffen und Treibhausgasen ein. Nachfolgend wird kurz auf die Wirkmechanismen der wichtigsten Treibhausgase und Luftschadstoffe eingegangen:

- Die Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄) tragen hauptsächlich zur Klimaerwärmung bei. Ihre Konzentrationen in der Luft sind in den letzten Jahrzehnten weltweit deutlich angestiegen (IPCC 2013).
- Der im PM₁₀ enthaltene Russ verstärkt den Treibhauseffekt und damit die Klimaerwärmung.
- Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO_x) und flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC) führen zur Bildung von Ozon (O₃), das ein hohes Erwärmungspotenzial besitzt (IPCC 2013).
- Ammoniak (NH₃) ist das Ausgangsmaterial zur Bildung von Lachgas (N₂O), welches ein hohes Erwärmungspotenzial hat.
- Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxide (NO_x) und Ammoniak (NH₃) führen zu klimaerwärmendem sekundärem PM₁₀ (Ammoniumsulfat und Ammoniumnitrat).

- Ausserdem tragen fluorierte, synthetische Gase⁷ mit teils extrem hohen Erwärmungspotenzialen zum Klimawandel bei. Diese kommen in Kühl- und Klimaanlage als Kühlmittel und in der Produktion bei der Halbleiter- und Elektrotechnik vor.

Die Erwärmung in der Schweiz ist eindeutig nachweisbar und beträgt vom Beginn der Industrialisierung (1864) bis 2012 ca. 1.8 °C. Damit übertrifft sie den globalen Wert von 0.85 °C um mehr als das Doppelte. Deshalb und aufgrund seiner geografischen Lage und wirtschaftlichen Abhängigkeit vom Tourismus ist der Kanton Graubünden von den Auswirkungen der Klimaerwärmung besonders betroffen. Die Regierung des Kantons Graubünden hat dies erkannt und im Jahre 2015 eine Klimastrategie erlassen (Beschluss vom 3. Juni 2015, Protokollnummer 508). Darin werden u.a. Handlungsschwerpunkte zum Klimaschutz formuliert, welche den Energieverbrauch senken, die Ressourceneffizienz steigern und die fossilen Energieträger durch erneuerbare ersetzen wollen. Diese Handlungsschwerpunkte nützen auch der Luftreinhaltung, weil sie zur Senkung der Luftschadstoffemissionen beitragen.

2.4. Fazit

Die aktuellen Immissionsbelastungen von mehreren gesetzlich regulierten Substanzen, die Immissionen von Feinstaub PM2.5 und die Stickstoffdepositionen liegen über Grenz- und Schwellenwerten und sind im Wortlaut der Umweltschutzgesetzgebung übermässig. Zwar konnten bei einzelnen Schadstoffen Verbesserungen in den letzten Jahren erzielt werden, aber der Rückgang ist stagnierend. Darauf weist auch die Bioindikation mit Flechten, nach deren Analysen die Gesamtbelastung sich nivelliert hat. Das USG schreibt vor, dass bei übermässigen Belastungen, die durch mehrere Quellen verursacht werden, die Kantone einen Massnahmenplan erstellen müssen (siehe Kapitel 1.1). Aufgrund der aktuellen Belastungssituation ist der Kanton Graubünden damit verpflichtet, seinen bisherigen Massnahmenplan weiterzuführen und weitere geeignete Massnahmen darin aufzunehmen.

Ursache der lokal und saisonal ungenügenden Luftqualität sind die Emissionen der Luftschadstoffe aus Verkehr, Haushaltungen/Dienstleistungen, Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft. Ziel der Massnahmen muss es deshalb sein, erstens überall dort, wo aufgrund besonderer Witterungsverhältnisse und topografischer Lage übermässige Immissionen auftreten, den Schadstoffausstoss zu reduzieren (PM10, PM2.5 und Russ). Zweitens müssen sie derart ausgestaltet werden, dass diejenigen Emissionen reduziert werden, welche flächendeckend zur Überschreitung von Schwellenwerten führen (NH₃). Und drittens sollten sie dazu dienen, Vor-

⁷ Teilfluorierte und fluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW, FKW), Schwefelhexafluorid (SF₆) und Stickstofftrifluorid (NF₃)

läufersubstanzen von sekundären Luftschadstoffen wie Ozon und (sekundäres) PM10 zu vermindern (NH₃, NMVOC und NO_x). Im folgenden Kapitel wird aufgezeigt, welche Quellen in welchem Mass zur Emission dieser Luftschadstoffe im Kanton Graubünden beitragen.

3. Emissionen, Reduktionsziele und Reduktionsbedarf

3.1. Emissionen von 2000 bis 2020 im Kanton Graubünden

Die Emissionen von Luftschadstoffen im Kanton Graubünden werden in einem Emissionskataster erfasst. Er enthält die Emissionen für die Jahre 2000, 2005 und 2010, sowie eine Prognose für die Jahre 2015 und 2020 (ANU 2015d). Die Emissionen der unterschiedlichen Quellen werden dort in folgende vier Sektoren unterteilt: Verkehr, Haushalte/ Gewerbe/ Dienstleistungen, Industrie, Land- und Forstwirtschaft (vgl. Tabelle 1).

Die wichtigsten Luftschadstoffe sind Stickoxide (NO_x), Feinstaub (PM10), flüchtige organische Verbindungen exklusive Methan (NMVOC) und Ammoniak (NH₃). Dabei sind je nach Schadstoff unterschiedliche Emissionsquellen relevant (Abbildung 9).

Allerdings gibt es weitere, gesundheitsrelevante Luftschadstoffe, wie Schwermetalle, Russ aus der Diesel- und Holzverbrennung sowie Produkte aus der unvollständigen Verbrennung wie Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie Dioxine und Furane. Diese Luftschadstoffe werden im Emissionskataster zwar nicht geführt, weil deren Quantifizierung sehr aufwendig und mit beträchtlichen Unsicherheiten behaftet ist. Für krebserregende Substanzen gilt aber gemäss LRV ein Minimierungsgebot (vgl. dazu auch die Ausführungen in Kapitel 2.1.1)⁸. Sie sind deshalb notwendigerweise im Massnahmenplan zu berücksichtigen.

⁸ „Die Emissionen von krebserzeugenden Stoffen sind unabhängig vom Risiko der durch sie verursachten krebserzeugenden Belastung so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.“ (Ziff. 82 Anhang 1 LRV, SR 814.318.142.1)

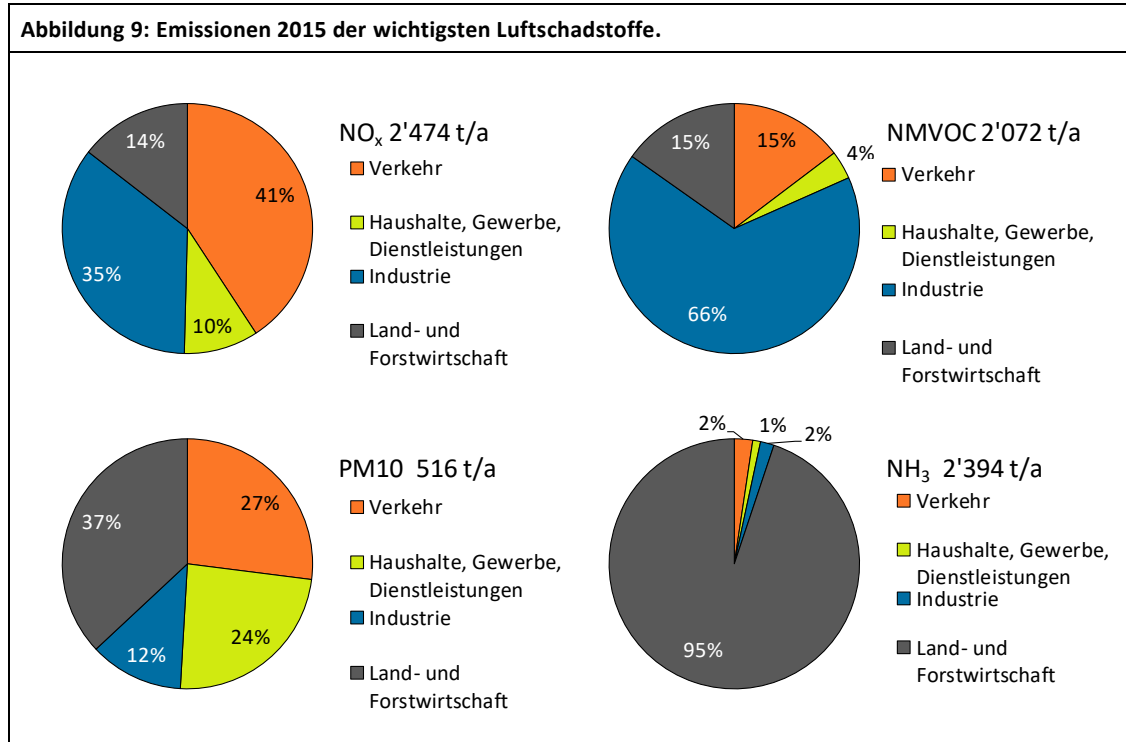
Tabelle 1: Emissionsquellen in der Systematik des Emissionskatasters Kanton Graubünden (ANU 2015d)		
Sektor	Emissionsquellen	Schadstoffe
Verkehr	Strasse Schiene Luftfahrt	PM10/Russ, NO _x , NMVOC PM10 NO _x
Haushalte, Gewerbe, Dienstleistungen	Feuerungen Garten/Hobby Brand-/Feuerschäden	PM10/Russ, NO _x , NMVOC PM10, NO _x , NMVOC PM10/Russ, NO _x
Industrie	Industrielle Einzelquellen Industrielle und gewerbliche Prozesse Baumaschinen Pistenfahrzeuge Kiesabbau Industrielle Fahrzeuge (ohne Pistenfahrzeuge) Verwendung von Lösemittel Verteilung Brenn-/Treibstoffe	NO _x , PM10, NMVOC NO _x , PM10, NMVOC NO _x , PM10/Russ, NMVOC NO _x , PM10/Russ, NMVOC NO _x , PM10/Russ, NMVOC NO _x , PM10/Russ, NMVOC NMVOC NMVOC
Land- und Forstwirtschaft⁹	Landwirtschaftliche Fahrzeuge Forstwirtschaftliche Fahrzeuge Vieh Nutzflächen Offene Verbrennung	PM10/Russ, NO _x PM10/Russ, NO _x NH ₃ , PM10 NH ₃ , NO _x PM10/Russ, NMVOC

Abbildung 9 und Abbildung 10 geben einen Überblick über die Situation der Emissionen im Kanton Graubünden im Jahr 2015:

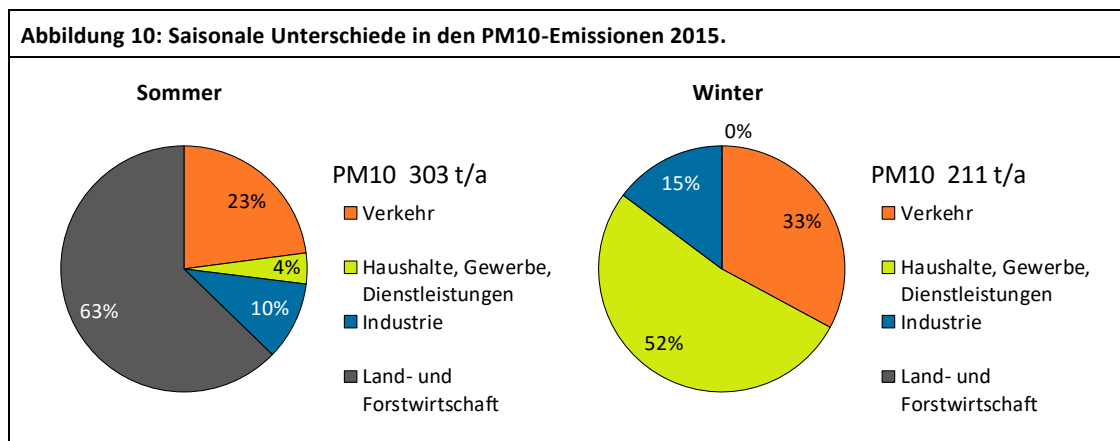
- Bei den NO_x-Emissionen stammt der grösste Teil aus dem Verkehr (41 %) und der Industrie (35 %), welche in Graubünden grösstenteils aus der Zementindustrie stammen. Die Land- und Forstwirtschaft und die Emissionen aus Haushalten, Gewerbe und Dienstleistungen machen zusammen nur knapp einen Viertel der NO_x-Emissionen aus.
- Die PM10-Emissionen stammen zu mehr als einem Drittel aus der Land- und Forstwirtschaft (37 %). Der Verkehr und der Sektor Haushalte, Dienstleistungen, Gewerbe tragen zu je einem Viertel bei und der Rest stammt aus der Industrie (12 %). Im Winter tragen die Haushalte zwischen 60 und 70 % zu den PM10-Emissionen bei (vgl. Abbildung 10, ANU 2014c).
- Für die NMVOC-Emissionen ist mit einem Anteil von rund zwei Dritteln hauptsächlich die Industrie verantwortlich. Der Verkehr und die Land- und Forstwirtschaft tragen mit je 15 % zu den Gesamtemissionen bei. Der Anteil der Haushalte, Dienstleistungen und Gewerbe ist vergleichsweise gering (unter 5 %).
- Die Landwirtschaft ist mit einem Anteil von rund 95 % die weitaus grösste Quelle an NH₃-Emissionen. Die Industrie und der Verkehr machen je etwa 2 % aus und der Sektor Haus-

⁹ Im Kontext der Klimastrategie wird von Waldwirtschaft statt Forstwirtschaft gesprochen. Die beiden Begriffe sind synonym.

halte, Dienstleistungen und Gewerbe ist für etwa 1 % der Gesamtemissionen verantwortlich.



Alle Zahlen in Tonnen pro Jahr (t/a). Quelle: Emissionskataster Kanton Graubünden (ANU 2015d).



Alle Zahlen in Tonnen pro Jahr (t/a). Quelle: Emissionskataster Kanton Graubünden (ANU 2015d).

3.2. Emissionsreduktionsziele

Rechtliche Grundlagen zur Bestimmung von Emissionsreduktionszielen sind die Luftreinhalte-Verordnung des Bundesrats (LRV) und das Göteborg-Protokoll.

- In der LRV sind Grenzwerte für Luftschadstoffimmissionen festgelegt. Aus der Überschreitung von Immissionsgrenzwerten hat der Bundesrat die nötigen Emissionsreduktionen berechnet, um die Überschreitungen künftig vermeiden zu können. Seine Ziele zur Emissionsreduktion hat er im bundesrätlichen Luftreinhaltekonzept (LRK) festgehalten (Bundesrat 2009).
- Das Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (*Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, CLRTAP*) ist ein völkerrechtlicher Vertrag zur Luftreinhaltung, die Schweiz ist Mitglied (wie z.B. auch die EU-Mitgliedstaaten USA, Kanada, Russland). Auf der Basis der CLRTAP sind bisher acht Protokolle erarbeitet worden. Für den Massnahmenplan ist das Göteborg-Protokoll von Bedeutung. Seine erste Fassung stammt aus dem Jahr 1999, die von der Schweiz ratifiziert wurde. Die damals gesetzten Emissionsreduktionsziele für 2010 konnten erreicht werden¹⁰. Im Jahr 2012 wurde das Göteborg-Protokoll revidiert, unter anderem wurden neue Reduktionsziele für das Jahr 2020 festgelegt (ECE 2012)¹¹. Die Schweiz hat auch das revidierte Protokoll unterzeichnet, die Ratifikation durch das Parlament steht zurzeit jedoch noch aus. Die Ziele müssen vom Bund eingehalten werden; er hat sie nicht auf die Kantone heruntergebrochen.
- Im Göteborg-Protokoll sind nicht nur Emissionsreduktionsziele vorgegeben, sondern auch kritische Luftschadstoffkonzentrationen („critical levels“, Begriffserklärung siehe Glossar) und kritische Eintragswerte resp. Depositionen („critical loads“, Begriffserklärung siehe Glossar). Werden diese in der Schweiz überschritten, sind Bund und Kantone verpflichtet, Massnahmen zur Reduktion von stickstoffhaltigen Luftschadstoffen (NO_x, NH₃) zu ergreifen.

Tatsächlich sind in der Schweiz seit Jahren sowohl Immissionsgrenzwerte, kritische Luftschadstoffkonzentrationen als auch kritische Eintragswerte übermässig. Der Bundesrat hat deshalb, wie oben angegeben, in seinem Luftreinhaltekonzept (LRK) Emissionsreduktionsziele vorgegeben, überprüft diese periodisch - letztmals im Jahr 2009 - und hat Massnahmen ergriffen. Diese sind ebenfalls im LRK beschreiben (siehe Bundesrat 2009). Weil auch im Kanton Graubünden Immissionsgrenzwerte, kritische Luftschadstoffkonzentrationen und Eintragswerte überschritten sind (wie im Kapitel 2 dargestellt) und weil auch Emissionen, die im Kanton Graubünden entstehen, in benachbarten Kantonen zur Übermässigkeit von Immissionen und Depositionen beitragen, ist der Kanton ebenfalls zur Reduktion der Emissionen verpflichtet.

¹⁰ siehe Medienmitteilung des Bundesrats:

<http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=43922>

¹¹ Im revidierten Protokoll verpflichtet sich die Schweiz zu folgenden Emissionsreduktion per 2020 ggü. 2005 (=100 %): SO₂: 21 %, NO_x: 41 % VOC: 30 %, NH₃: 8 %, PM_{2.5}: 26 %.

Die – national gesetzten – Reduktionsziele des LRK können dazu benutzt werden, auch kantonale Reduktionsziele festzulegen. Die nationalen Ziele sind als Anteile in Prozent gegenüber den Emissionen von 2005 (=100 %) angegeben (Tabelle 2). Es ist allerdings zu erwähnen, dass die Emissionsreduktionsziele gemäss LRK aufgrund der geographischen Gegebenheiten (Höhenlage) für den Kanton Graubünden nicht ausreichend sind, denn die Ozonbelastung ist in Graubünden im Vergleich zum Schweizer Durchschnitt höher und entsprechend sollten die Ziele für den Kanton Graubünden für die Ozon-Vorläufersubstanzen im Vergleich zur Gesamtschweiz verschärft werden. Zur Festlegung kantonaler Emissionsziele werden jedoch vorerst die relativen Anteile des LRK im Sinne von Minimalzielen übernommen (Tabelle 2).

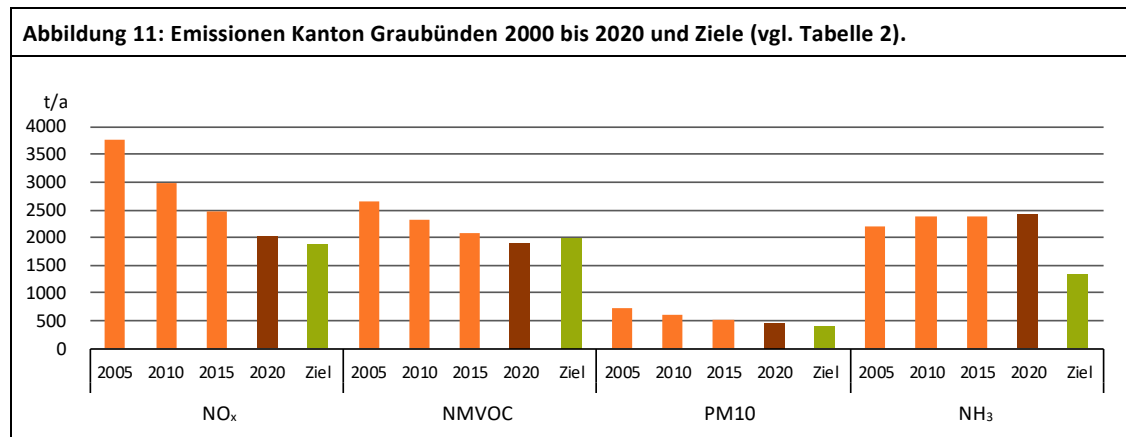
Tabelle 2: Emissionsreduktionsziele aus dem Luftreinhaltkonzept des Bundesrats (LRK)		
Schadstoff	Notwendige Emissionsreduktion gegenüber dem Stand 2005	Anforderung
Stickoxide NO _x	ca. 50 % ^{a)}	Critical Load für Säure Immissionsgrenzwert Ozon
flüchtige org. Verbindungen NMVOC	20 % bis 30 % ^{a)}	Immissionsgrenzwert Ozon Immissionsgrenzwert PM10
Feinstaub PM10	ca. 45 %	Immissionsgrenzwert PM10
kanzerogene Stoffe (z.B. Russ)	so weit wie technisch möglich und verhältnismässig	Minimierungsgebot
Ammoniak NH ₃	ca. 40 %	Critical Load für Stickstoff
Schwefeldioxid SO ₂	Wiederanstieg verhindern, vorsorgliche Massnahmen	Immissionsgrenzwert SO ₂ Critical Load für Säure

^{a)}Für Kanton Graubünden nicht ausreichend (siehe Text).

3.3. Prognosen, Ziele und Reduktionsbedarf für den Kanton GR

3.3.1. Prognosen bis 2020

Die Zeitreihen der Emissionen stehen im Emissionskataster des Kantons Graubünden zur Verfügung (ANU 2015d), siehe dazu auch Abbildung 11. Russ und Schwefeldioxid sind im Emissionskataster nicht enthalten und sind daher in Abbildung 11 nicht dargestellt. Die Prognosen für 2020 stammen aus dem Emissionsinformationssystem Schweiz (EMIS) des BAFU. In Bezug auf den Energieverbrauch entsprechen sie dem Szenario „Politische Massnahmen“ (POM) des Bundesamtes für Energie (BFE 2012). Die wichtigsten Elemente des Szenarios sind „Kernenergie weiterhin nutzen“ und die Umsetzung der Massnahmen des Bundesgesetzes über die Reduktion der CO₂-Emissionen (Weiterführung des Gebäudeprogramms, CO₂-Abgabe auf Brennstoffe 2018: 96 CHF/t, CO₂ Grenzwert von 95 g/km zu erreichen bis 2020 für Personenwagen).



Zeitliche Entwicklung der Emissionen der Hauptschadstoffe seit 2005 (orange) im Vergleich zum Zielwert (grün) und im Vergleich zur Prognose 2020 (rot). Quelle: Emissionskataster Kanton Graubünden (ANU 2015d).

Im Vergleichsjahr 2015 wurde bei keinem der Schadstoffe das Ziel erreicht. Für die Periode 2015 bis 2020 sind Prognosen angegeben, die sich auf Zahlen des BAFU für die gesamte Schweiz abstützen. Diese berücksichtigen die Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für Holzfeuerungen, Konformitätsnachweis und Kontrollmöglichkeit kleiner Anlagen (Änderung der LRV vom 4.7.2007), Abgasvorschriften für Strassen- und *non-road*-Fahrzeuge, Erhöhung der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA), Absenkung des CO₂-Grenzwerts für Personewagen, das Gebäude-Programm, die CO₂-Abgabe für Brennstoffe und die Fortsetzung des Programms EnergieSchweiz, zudem die Fortführung der VOC-Lenkungsabgabe und die Umsetzung der Agrarpolitik 2014 bis 2017.

Bis 2020 sollte beim NMVOC das Ziel voraussichtlich erreicht werden können, vorausgesetzt die beschlossenen und laufenden Massnahmen von Bund und Kantonen werden fristgerecht und mit dem erwarteten Wirkungsgrad umgesetzt. Im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung ist zukünftig in Tallagen von einer höheren Hitzebelastung auszugehen und als Folge davon ist auch vermehrt mit erhöhten Ozonkonzentrationen zu rechnen (ANU 2015a). Um eine Überschreitung der Ozon-Immissionsgrenzwerte in Zukunft vermeiden zu können, ist daher eine weitere Reduktion der NMVOC-Emissionen (Vorläufersubstanz für die Ozonbildung) notwendig.

Bei den NO_x- und PM10-Emissionen ist die Entwicklung der letzten Jahre wie beim NMVOC ebenfalls rückläufig, aber es sind noch weitergehende Anstrengungen notwendig, um insbesondere die jahreszeitabhängigen Smogsituationen (im Winter wegen Feinstaub PM10 und im Sommer wegen Ozon) zu entschärfen.

Die NH₃-Emissionen haben in den letzten Jahren tendenziell zugenommen und daher stellt das Erreichen des Reduktionsziels mit Abstand die grösste Herausforderung dar, umso mehr als die aktuelle Entwicklung tendenziell auf eine Zunahme der Emissionen hinweist.

3.3.2. Reduktionsbedarf

Aus der Differenz zwischen den effektiven Emissionen und deren Zielwerten kann der Reduktionsbedarf abgeleitet werden (Tabelle 3).

Stickoxide NO_x

Beim NO_x liegt die Differenz zwischen den effektiven Emissionen und dem Ziel im Jahr 2015 bei 589 t/a und für das Jahr 2020 bei 133 t/a. Trotz der bedeutenden Reduktion, die seit den 90er Jahren erfolgt ist, liegen die Emissionen aktuell noch zu hoch und sollten um weitere 24 % gesenkt werden. Bis zum Jahr 2020 werden die Emissionen voraussichtlich noch einmal kräftig abnehmen. Falls die Abnahme entsprechend den Prognosen erfolgt, werden sie noch 7 % über dem Ziel liegen. Aus heutiger Sicht ist aber klar, dass die erwartete Reduktion nicht ausreichen wird, um im Kanton Graubünden mit seinen ausgeprägten Höhenlagen die Ozonbildung so weit zu senken, dass dessen Immissionsgrenzwerte unterschritten werden können.

Flüchtige organische Verbindungen (NMVOC)

Die NMVOC-Emissionen liegen heute mit 75 t/a noch rund 4 % über dem angestrebten Ziel. Hier ist zu erwarten, wie oben erwähnt, dass das Ziel bis 2020 erreicht werden kann. Wie bei den Stickoxiden (NO_x) wird eine Reduktion um 4 % bei weitem nicht ausreichen, um die Ozonbildung so weit zu senken, dass dessen Immissionsgrenzwerte unterschritten werden. NMVOC sind auch Vorläufer für die organischen Anteile im PM₁₀; im Durchschnitt sind ca. 30 % des gemessenen PM₁₀ organisches Material (OM). Um Ozon und OM im PM₁₀ substanziell zu senken, müsste der Zielwert für NMVOC massiv unterschritten werden. Um wie viel, ist vorläufig allerdings unklar, denn die chemischen Prozesse in der Atmosphäre, die zur Bildung von OM führen, sind heutzutage erst Gegenstand der Forschung und sind ausserordentlich komplex¹². Zudem wird OM als sekundärer Luftschadstoff oft nicht lokal gebildet, sondern durch weiträumige Verfrachtung eingetragen.

Feinstaub (PM₁₀)

Bei den PM₁₀-Emissionen beträgt die Abweichung im Jahr 2015 vom Ziel noch 118 t/a oder 24 %. Die Prognosen weisen zwar auf eine Reduktion hin, bis 2020 werden die Emissionen aber immer noch 16 % über dem Zielwert liegen.

¹² Eine wissenschaftliche Publikation des Paul-Scherrer-Instituts in Würenlingen sagte im Jahr 2008 voraus, dass eine konsequente Umsetzung der Etappenziele 2010 des Göteborg-Protokolls eine Reduktion der Ozon-Spitzenwerte in der Schweiz um 5% bewirken würde (Andreani-Aksoyoglu 2008).

Ammoniak (NH₃)

Im Jahr 2015 liegen die NH₃-Emissionen 1'076 t/a resp. 45 % über dem Ziel. Da keine Abnahme, sondern eher eine Zunahme zu erwarten ist, bleiben die Emissionen im Jahr 2020 ohne zusätzlichen Massnahmen mindestens 45 % über dem Ziel.

Tabelle 3: Emissionen und Reduktionsbedarf 2015 und 2020.

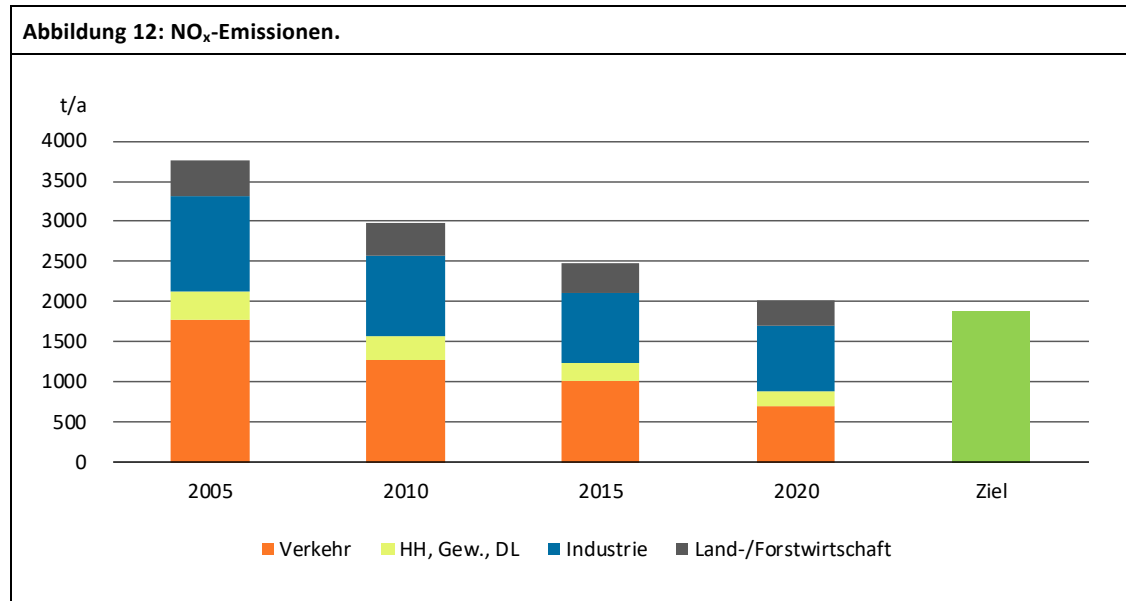
Schadstoff	2015			2020		
	Emission t/a	Reduktionsbedarf t/a	%	Emission t/a	Reduktionsbedarf t/a	%
NO _x	2'474	589	24 %	2'017	133	7 %
NMVOG	2'072	75	4 %	1'900	---	---
PM10	516	118	23 %	472	74	16 %
NH ₃	2'394	1'076	45 %	2'408	1'091	45 %

3.3.3. Handlungsbedarf nach Schadstoffen und Emissionsquellen

Je nach Schadstoff tragen die verschiedenen Emissionsquellen in unterschiedlichem Ausmass zu den Gesamtemissionen bei. Massnahmen sollen daher hauptsächlich bei denjenigen Emissionsquellen ansetzen, die einen wesentlich zu den Gesamtemissionen beitragen und bei denen ein erhebliches Reduktionspotenzial besteht. Um diese Aspekte berücksichtigen zu können, muss die zeitliche Entwicklung der Schadstoffemissionen getrennt nach Sektoren analysiert werden.

1. Stickoxide NO_x

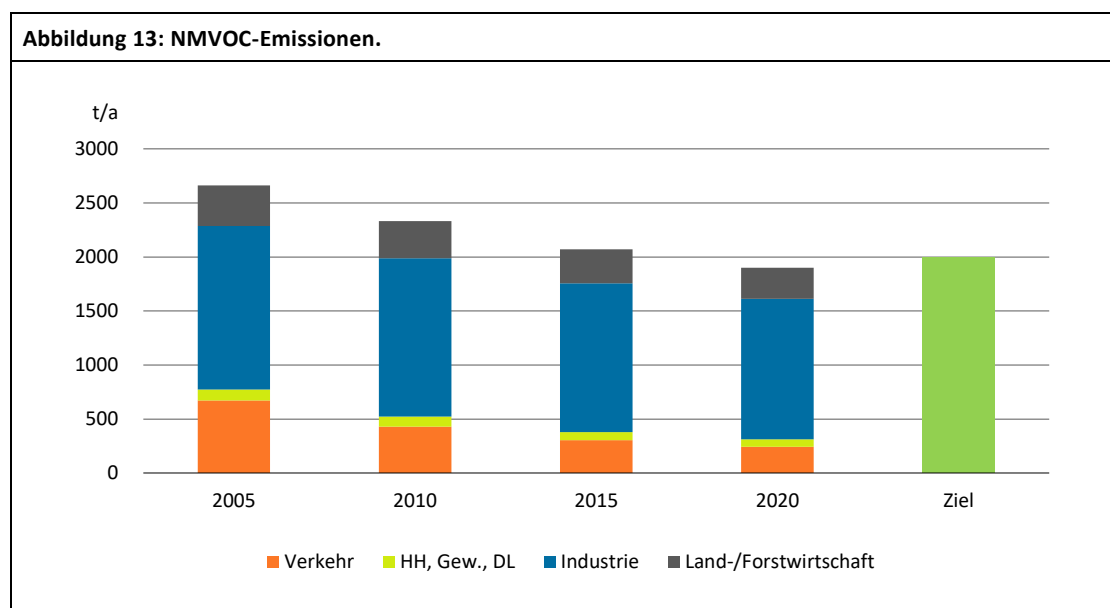
Bei den NO_x-Emissionen sind hauptsächlich die Industrie und der Verkehr bedeutende Emissionsquellen. Beim Verkehr haben sich die Emissionen seit 2005 halbiert und auch bei der Industrie ist in diesem Zeitraum eine deutliche Reduktion sichtbar. Zur Zielerreichung sind in diesen Sektoren weitergehende Massnahmen notwendig. Obwohl die Emissionen aus der Land- und Forstwirtschaft sowie aus den Haushalten, den Dienstleistungen und dem Gewerbe geringer sind, sollten Massnahmen trotzdem in allen Sektoren ansetzen (Abbildung 12). Denn ein geringer NO_x-Ausstoss wirkt sich zweifach positiv aus: Erstens wird eine wichtige Vorläufersubstanz der Ozonbildung reduziert und zweitens sind geringere NO_x-Emissionen gleichbedeutend mit weniger Brenn- und Treibstoffverbrauch, was wiederum den CO₂-Ausstoss verringert. Oder anders ausgedrückt: Das Ausnützen der Reduktionspotenziale im Energiebereich wird sich im Endeffekt auch positiv auf die Ozonbelastung auswirken, indem nämlich neben den CO₂- auch die NO_x-Emissionen reduziert werden.



Quelle: Emissionskataster Kanton Graubünden (ANU 2015d).

2. Flüchtige organische Verbindungen NMVOC

Bei den NMVOC-Emissionen liegt das grösste Reduktionspotenzial im Industriesektor. Um die Zielerreichung nicht zu gefährden, müssen bestehende Massnahmen sowie laufende Branchenvereinbarungen weitergeführt und neue dort geplant werden, wo das Potenzial und die Kosteneffizienz hoch sind und wo eine direkte Einflussnahme gestützt auf LRV und die Verordnung über die Lenkungsabgabe auf flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) (EZV 2015) möglich ist, was vor allem auf den Industriesektor zutrifft (Abbildung 13). Obwohl gemäss Prognosen mit den bestehenden Massnahmen sogar eine Unterschreitung der Zielvorgaben wahrscheinlich ist, sollten die industriellen Emittenten weiterhin dazu verpflichtet werden, (weitergehende) Massnahmen zur Reduktion der VOC-Emissionen zur ergreifen, denn dadurch wird direkt das Ozonbildungspotenzial reduziert.



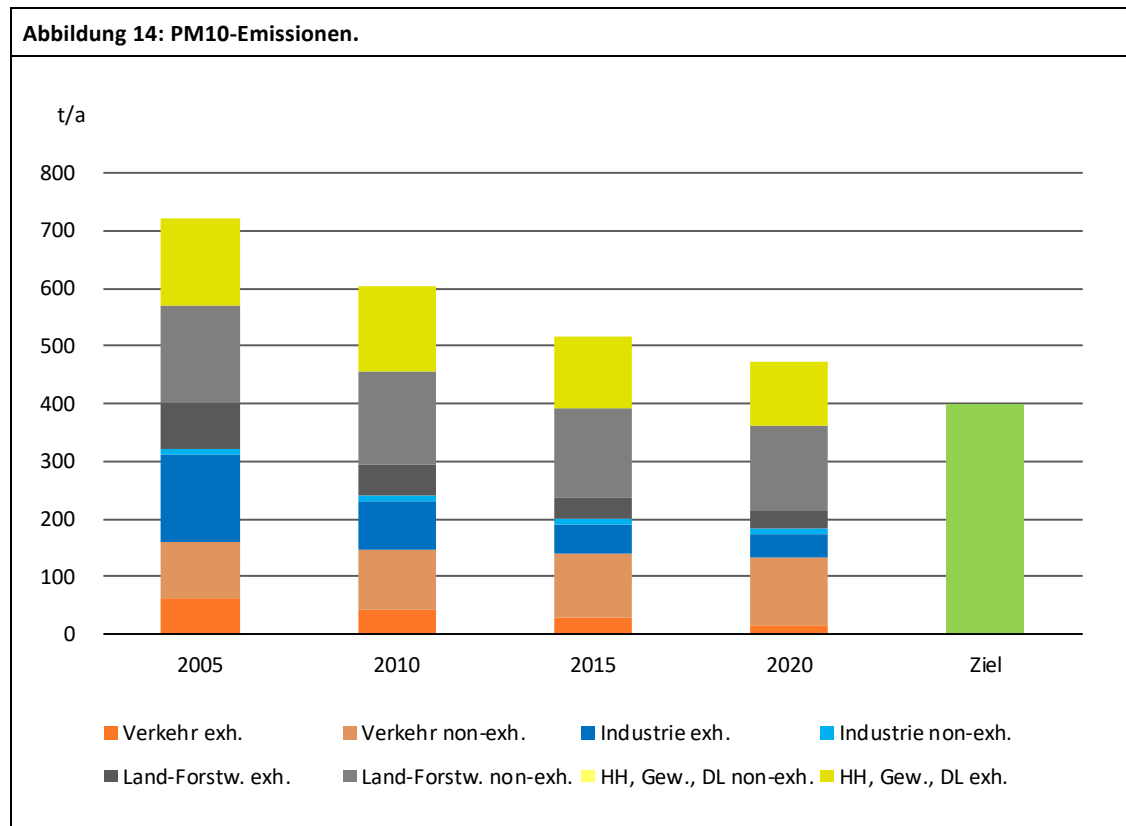
Quelle: Emissionskataster Kanton Graubünden (ANU 2015d).

3. Feinstaub PM10

Bei den PM10-Emissionen gilt es zwischen den folgenden zwei Fraktionen zu differenzieren, da sie sich bezüglich ihrer Toxizität stark unterscheiden:

- **Verbrennungspartikel:** Sie entstehen in Verbrennungsprozessen (Motoren, Feuerungen); sie haben sehr kleine Durchmesser, enthalten einen hohen Anteil an kanzerogenen Stoffen und sind deshalb besonders toxisch.
- **Abriebpartikel:** Sie entstehen durch mechanische Beanspruchung und sind im Durchschnitt grösser als die Verbrennungspartikel und weniger toxisch.

Abbildung 14 zeigt die Emissionen nach Sektoren und unterteilt nach Verbrennungspartikel (*exhaust*, „*exh.*“) und Abriebpartikel (*non-exhaust*, „*non-exh.*“). Die Entwicklung der gesamten PM10-Emissionen läuft zwar in die richtige Richtung: Dank vermehrtem Einsatz von Partikelfiltern nehmen die Emissionen der Verbrennungspartikel ab, die Reduktionsschritte verlangsamen sich aber stetig, denn gleichzeitig nehmen die Emissionen der Abriebpartikel wegen der Zunahme der Fahrleistung im Strassenverkehr leicht zu.



Quelle: Emissionskataster Kanton Graubünden (ANU 2015d).

Wegen ihrer höheren Gesundheitsgefährdung sollen Massnahmen deshalb primär zur Reduktion der Emissionen der Verbrennungspartikel ansetzen.

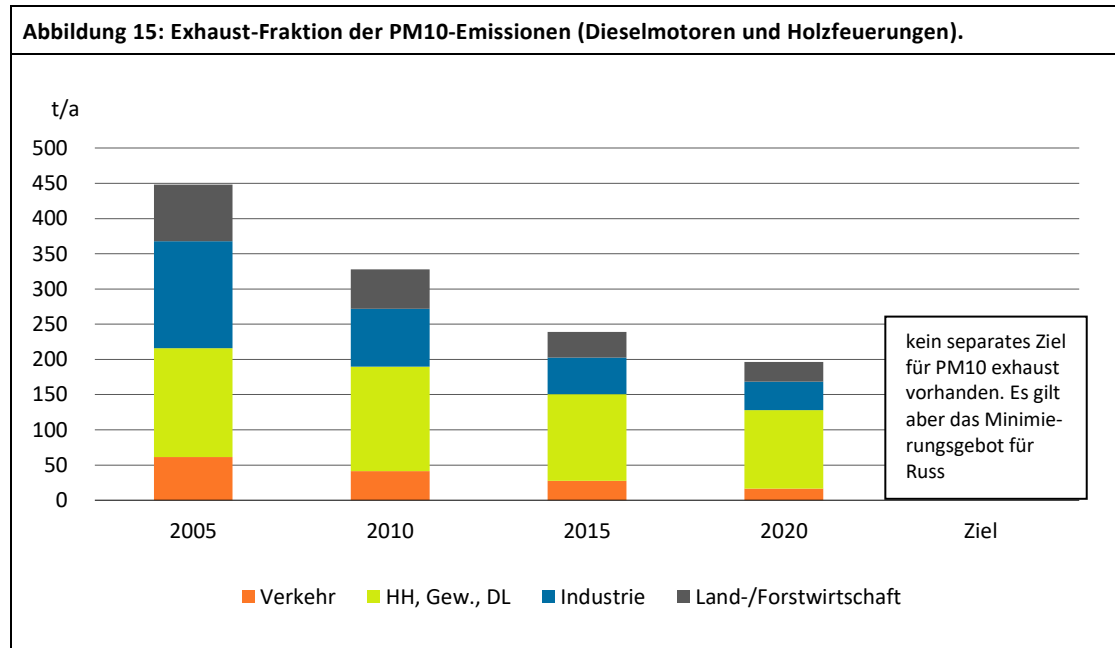
Abbildung 15 zeigt diese Anteile an den PM10-Emissionen. Beim Verkehr sowie bei der Land- und Forstwirtschaft ist zwar die Fraktion der Abriebpartikel grösser als die Fraktion der Verbrennungspartikel. Bei der Landwirtschaft (und teilweise auch bei der Forstwirtschaft) handelt es sich dabei nicht nur um klassische Abriebprozesse, sondern um Aufwirbelung bei der mechanischen Bearbeitung der Felder oder im Wald. Hier gibt es kaum Potenziale zur Emissionsreduktion. Auch bei den klassischen Abriebprozessen sind die Möglichkeiten eingeschränkt.

Es verbleiben somit die Potenziale bei den Emissionen aus den Verbrennungsprozessen, welche auch aus gesundheitlicher Sicht prioritär anzugehen sind. Die Verbrennungspartikel werden im Sektor Verkehr bereits heute mit Hilfe von Partikelfiltern effizient abgeschieden. Diesbezüglich besteht im Sektor Land- und Forstwirtschaft ein erheblicher Nachholbedarf, denn nur die Maschinen der neuesten Generation sind mit Partikelfiltersystemen ausgerüstet, wobei der Anteil der landwirtschaftlichen Fahrzeuge mit rund 90 % deutlich dominiert gegenüber dem Anteil der forstwirtschaftlichen Fahrzeuge.

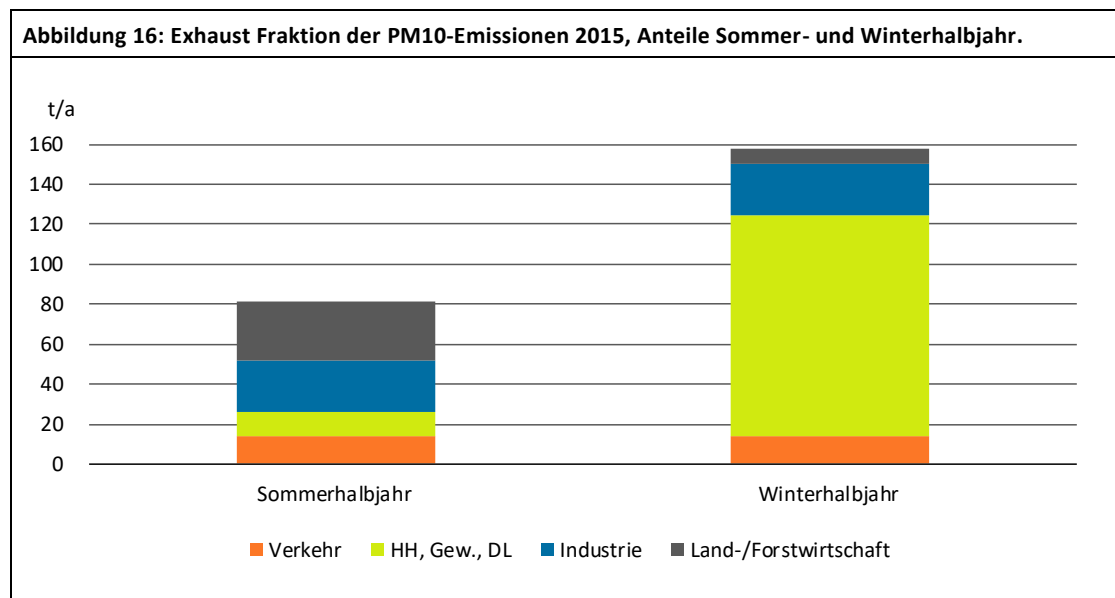
Das mit Abstand grösste Potenzial zur Reduktion der Verbrennungspartikel besteht bei den Holzfeuerungen. Besonders prägnant ist dies in der Abbildung 16 dargestellt: Die Grenzwertüberschreitungen treten vornehmlich während der kalten Jahreszeit auf. Es zeigt sich, dass im Winterhalbjahr 70 % der Partikelemissionen aus Holzfeuerungen stammen. Deshalb ist eines der wichtigen Ziele der Massnahmenplanung, die Verbrennung von Energieholz effizienter und sauberer zu machen. Dazu können primär die Hausfeuerungen beitragen, aber auch die Holzfeuerungsanlagen in Industrie und Gewerbe. Im Jahr 2012 betrug der gesamte Holzenergieverbrauch rund 385 GWh (AEV 2013). Der Anteil der Industrie liegt bei rund 25 % und der Rest entfällt auf Haushalte sowie Dienstleistungs- und Gewerbebetriebe (AEV 2013).

Zudem sind die PM10-Immissionen stark von den lokalen meteorologischen Bedingungen und topographischen Gegebenheiten abhängig. Vor allem im unteren Teil des Misox, werden sowohl die Jahresmittel- als auch die Tagesmittelgrenzwerte für PM10 regelmässig überschritten (ANU 2014b,c; siehe auch Kap. 2.1).

Daher sieht der kantonale Massnahmenplan vor, in Gebieten mit einer übermässigen Feinstaubbelastung weitergehende Reduktionsmassnahmen zu definieren und umzusetzen. Dies kann wie im Falle des unteren Misox in Form eines regional abgestimmten Massnahmenplans geschehen. Mit diesem Instrument können in Gebieten mit übermässiger Belastung als Ergänzung zum kantonalen Massnahmenplan verschärfte Massnahmen definiert und umgesetzt werden, die den spezifischen lokalen Verhältnissen Rechnung tragen.



Quelle: Emissionskataster Kanton Graubünden (ANU 2015d).

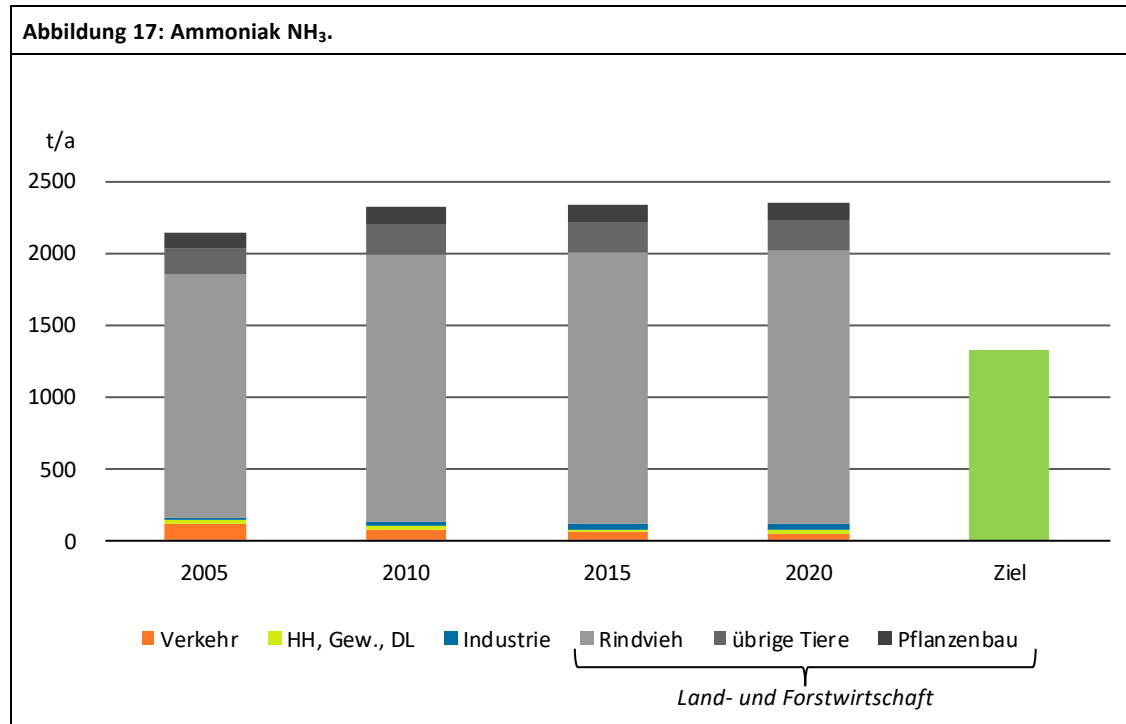


Emissionskataster Kanton Graubünden (ANU 2015d).

4. Ammoniak NH₃

Weil über 90 % der NH₃-Emissionen aus der Landwirtschaft stammen, müssen in erster Priorität Reduktionsmassnahmen im Sektor Land- und Forstwirtschaft umgesetzt werden. Da die Emissionen seit 2005 eine steigende Tendenz zeigen, ist für die Zielerreichung eine Intensivierung der

Massnahmen notwendig. Die Tierhaltung macht rund 90 % der Gesamtemissionen aus. Der Rest stammt von den landwirtschaftlichen Nutzflächen.

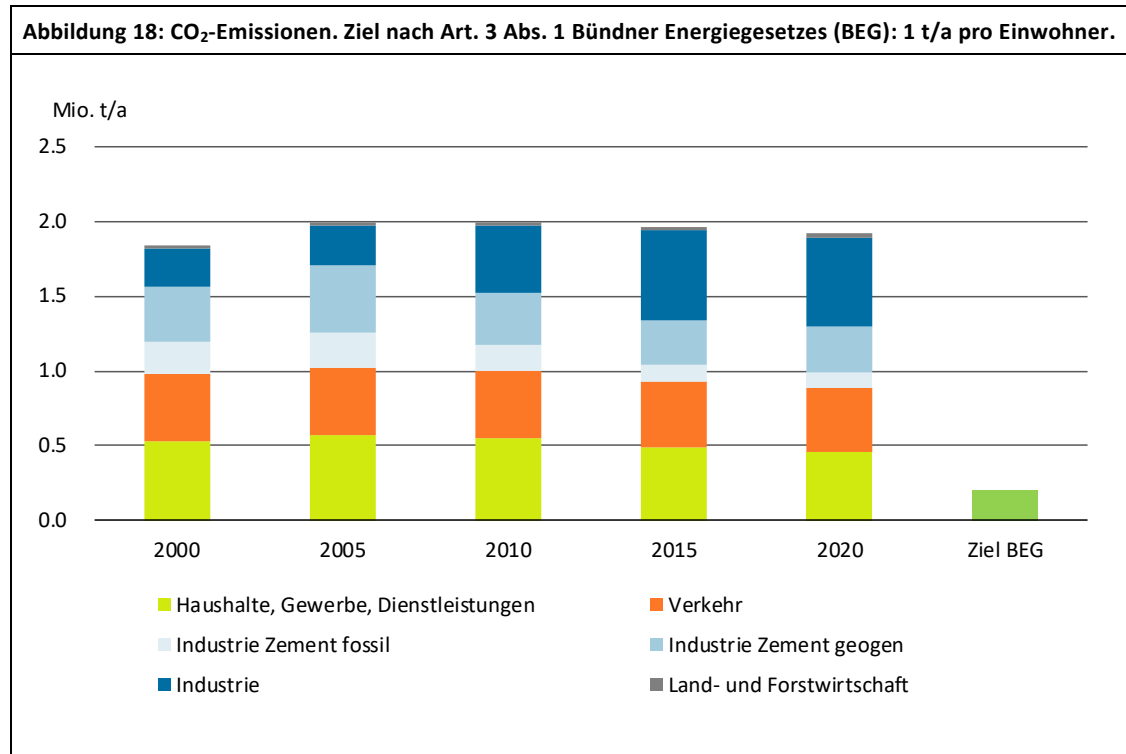


Quelle: Emissionskataster Kanton Graubünden (ANU 2015d).

3.4. Emissionen und Reduktionsziele des Klimaschutzes

Im Jahr 2010 lagen die Treibhausgas-Emissionen im Kanton Graubünden bei rund 2 Mio. t CO₂. Bedeutende CO₂-Emittenten sind industrielle Prozesse, der Verkehr und der Gebäudepark. Methan und Lachgas werden hauptsächlich von der Landwirtschaft emittiert. Hauptquellen sind die Tierhaltung und die gedüngten Böden.

Die Industrie trägt mit mehr als einem Drittel zu den Gesamtemissionen bei. Dabei ist das Zementwerk Untervaz mit rund 0.5 Mio. t CO₂ die grösste Einzelquelle. Beim Verkehr sind hauptsächlich die Emissionen des Strassenverkehrs von Bedeutung. Sie machen rund einen Viertel der Gesamtemissionen aus. Einen ähnlich hohen Anteil haben die Emissionen aus dem Gebäudebereich.



Quelle: Emissionskataster Kanton Graubünden (ANU 2015d). Dargestellt sind nur die fossilen und geogenen CO₂-Emissionen. Die weiteren Treibhausgase sind in dieser Darstellung nicht enthalten.

Um die Emissionen an Klimagasen zu reduzieren, hat sich der Kanton Graubünden in seinem Energiegesetz (BEG) im Art. 3. Abs. 1 zu den langfristigen Zielen der "2000-Watt-Gesellschaft" bekannt (u.a. max. 1 Tonne CO₂ pro Jahr und pro Einwohner), und er hat in seiner Klimastrategie sektorielle Reduktionsziele gesetzt (ANU 2015b). Die kantonale Klimastrategie identifiziert als Handlungsschwerpunkte die Steigerung der Ressourceneffizienz und die Senkung des Energieverbrauchs, die Substitution fossiler Energieträger sowie die Schaffung von Grundlagen für die Umsetzung von Massnahmen.

Im Industriebereich sollen Zielvereinbarungen mit allen Grossverbrauchern im Kanton erarbeitet und umgesetzt werden. Im Gebäudebereich will der Kanton den fossilen Energieverbrauch zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser bis zum Jahr 2035 um 25 % reduzieren. Zudem soll der Anteil der erneuerbaren Energien auf 40 % erhöht werden (ANU 2015b).

4. Massnahmen

4.1. Weiterentwicklung auf Basis des Vollzugsberichts 2014

Im Jahre 2007 hat das Amt für Natur und Umwelt (ANU) letztmals den Massnahmenplan Luft-hygiene vollständig überarbeitet und 28 Massnahmen zur weiteren Umsetzung vorgeschlagen. Per Regierungsbeschluss wurde der aktualisierte Massnahmenplan in Kraft gesetzt. Mit der Umsetzung der Massnahmen wurden die betroffenen kantonalen Dienststellen betraut.

Der Stand der Umsetzung wurde periodisch vom ANU überprüft und in Vollzugsberichten dokumentiert. Der jüngste Vollzugsbericht stammt aus dem Jahr 2014 und dokumentiert den Stand der Umsetzung per Ende 2013 (ANU 2014a). Er enthält Empfehlungen zur Überarbeitung, Präzisierung und Aktualisierung der Massnahmen.

Gemäss Auftrag der Regierung zur Aktualisierung des Massnahmenplans wurden in Zusammenarbeit mit den zuständigen kantonalen Fachstellen die bisherigen Massnahmen eingeteilt:

- in nicht weiter zu verfolgende Massnahmen, weil sie entweder abgeschlossen sind, wegen mangelnder Effektivität und Effizienz abgeschrieben oder für ihre Fortsetzung in den ordentlichen LRV-Vollzug überführt werden (Kapitel 4.2) und
- in weiterzuführende Massnahmen (Kapitel 4.3).

4.2. Umgesetzte und nicht weiterzuführende Massnahmen

Die Abklärungen mit den beteiligten kantonalen Fachstellen zeigen, dass folgende Massnahmen des bestehenden Massnahmenplans aus dem Jahr 2007 umgesetzt sind bzw. nicht weiterzuführen sind (Tabelle 4).

Tabelle 4: Übersicht über umgesetzte und nicht weiterzuführende Massnahmen		
Massnahmen	Bezeichnung	Status
Differenzierte, emissionsabhängige Motorfahrzeugsteuern	A1	Umgesetzt
Minderungsmassnahmen für besondere Prozessanlagen und Grossemittenten	A8	Umsetzung im Rahmen des ordentlichen LRV-Vollzugs
Branchenvereinbarung Zementwerk	A9	Für den Zeitraum von 2016 bis 2021 wurde bereits eine neue Branchenvereinbarung unterzeichnet
Vollzugshilfsmittel Umweltschutz	A11	Umgesetzt resp. wird laufend aktualisiert
Kantonale Innovationsförderungsbeiträge	A13	Im KUSG ¹³ verankert
Holzfeuerungskontrollen bei Anlagen bis 70 kW (Vollzug der Kontrollen)	C3	Umsetzung im Rahmen des ordentlichen LRV-Vollzugs
Verbrennung von Grünabfällen	C5	Umsetzung im Rahmen des ordentlichen LRV-Vollzugs
Aus- und Nachrüstung von Linienbussen des öffentlichen Verkehrs und Diesellokomotiven der RhB mit Dieselpartikelfiltern	C6	Teilweise umgesetzt, wird wegen fehlender finanzieller Mittel nicht weitergeführt
Minderung von PM10 aus Strassenbeläge und Strassenunterhalt	C10	Wird nicht umgesetzt, da nur ein begrenztes Reduktionspotential und geringe Einflussnahme bestehen
Staubminderung bei Arbeiten im Freien	C11	Umsetzung im Rahmen des ordentlichen LRV-Vollzugs

Umgesetzte und nicht weitergeführte Massnahmen.
Abk. KUSG: Kantonales Umweltschutzgesetz (siehe Glossar)

¹³ Art. 11a des Einführungsgesetzes zum Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 2. Dezember 2001 (KUSG; BR 820.100).

4.3. Weiterzuführende und neue Massnahmen

4.3.1. Welche Massnahmen braucht es künftig?

a) Feinstaub

- Die im Feinstaub enthaltenen Russpartikel sind krebserregend (EKL 2013). Für krebserregende Substanzen gilt gemäss LRV ein Minimierungsgebot, was heisst, dass emissionsmindernde Massnahmen ergriffen werden müssen, selbst wenn kein Immissionsgrenzwert besteht, welcher eingehalten werden muss. Die im Winter auftretenden, lokal sehr hohen Feinstaubbelastungen stellen deshalb ein vordringliches Problem für die Luftreinhaltung im Kanton Graubünden dar, welches mit Massnahmen entschärft werden muss, die bei den Holzfeuerungen ansetzen. Die bisherige Massnahme C1 reicht nicht aus, um die Belastungen von PM10 und damit auch Russ zu senken. Aus diesem Grund müssen solche Massnahmen mit oberster Priorität weitergeführt und ausgeweitet werden (siehe neue Massnahmen F1, F2 und F3).
- Auch die Arbeitsmaschinen mit Dieselmotoren tragen zur PM10-Belastung und dem ebenfalls krebserregenden Dieselmotoren Russ bei (BAFU 2012). Gemäss dem Minimierungsgebot der LRV müssen die Emissionen kanzerogener Stoffe so weit reduziert werden, wie dies technisch möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Für Dieselmotoren existieren hochwirksame Partikelfiltersysteme, welche über 97 % der Partikelanzahl und über 93 % der Russmasse aus den Abgasen abscheiden. Weil es für Baumaschinen bereits Partikelanzahlgrenzwerte gibt, sollen diese auch auf alle übrigen Dieselmotoren ausgeweitet werden. Dem Kanton Graubünden fehlen jedoch die gesetzlichen Grundlagen, um entsprechende Vorschriften erlassen zu können. Deshalb wird ein entsprechender Antrag an den Bund gestellt (vgl. Massnahme IG2 und Kapitel 5.1).
- Der Strassenverkehr trägt ebenfalls zu den PM10-Emissionen bei (knapp 20 %). Gesundheitlich relevant ist insbesondere wiederum der Dieselmotoren Russ. Mit Einsparungen bei der Fahrleistung können solche Emissionen reduziert werden. Deshalb sind Massnahmen vorgesehen, die zur Steigerung der Anteile des öffentlichen und des Langsamverkehrs gegenüber dem motorisierten Individualverkehr beitragen (V1 bis V4).

b) Stickoxide

Unter den vielfältigen Stickstoffverbindungen beeinflussen das gasförmige Stickstoffdioxid (NO_2) und die Feinstaubbestandteile Nitrat (NO_3) und Ammonium (NH_4) in der Umgebungsluft die menschliche Gesundheit negativ. NO_2 -Immissionen lösen Entzündungserscheinungen in den Atemwegen aus und verstärken die Reizwirkung von Allergenen. Die Reduktion von NO_x -Emissionen ist zudem auch wichtig, um die Bildung von Ozon zu bekämpfen, welches seinerseits gesundheitsschädigend ist. Schliesslich führen hohe NO_x -Konzentrationen zu hohen Stick-

stoffdepositionen, welche die Biodiversität und im Extremfall die Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigen. Deshalb sind Massnahmen vorgesehen, um die NO_x-Emissionen flächendeckend zu reduzieren, und zwar sowohl beim Verkehr (V1 bis V4) als auch bei der Industrie (IG3), die zusammen mehr als zwei Drittel der NO_x-Emissionen verursachen. Auf eine separate Massnahme zur Reduktion der NO_x-Emissionen aus der grössten Einzelquelle – dem Zementwerk in Unter-
vaz (alte Massnahme A9 " Vereinbarung Zementwerk") – wird verzichtet, da dies im Rahmen der gesamtschweizerischen Branchenvereinbarung mit der Zementindustrie geregelt wird (vgl. Kapitel 4.4).

c) Flüchtige organische Verbindungen

NMVOE-Emissionen müssen wie die Stickoxid-Emissionen flächendeckend reduziert werden, um das gesundheitsschädliche Ozon zu bekämpfen. Die NMVOE-Emissionen stammen zum grössten Teil aus der Industrie (Abbildung 13), und die Industrie verfügt über die grössten Reduktionsmöglichkeiten. Während nämlich Lösemittel-Emissionen aus Haushaltungen diffus und in kleinen Mengen austreten, kommen sie in der Industrie in Labors und Produktionsräumen in grossen Mengen und grossen Konzentrationen vor, was die Vermeidung, Rezirkulation oder chemische Zerstörung der Lösemittel begünstigt oder gar erst ermöglicht. Aus diesem Grund wird die bisherige Massnahme B1 mit der Massnahme IG1 weitergeführt.

d) Ammoniak

Hohe Konzentrationen von Ammoniak (NH₃) verursachen akute Schäden an der Vegetation und führen zu Versauerung und Überdüngung der Böden und Gewässer mit schädlichen Folgen für die entsprechenden Ökosysteme. Zudem ist NH₃ eine wichtige Vorläufersubstanz für die Bildung von sekundärem Feinstaub (Ammoniumnitrat, Ammoniumsulfat). Wie aus Abbildung 8 hervorgeht, ist der grösste Teil der übermässigen Stickstoffeinträge auf die Landwirtschaft zurückzuführen. Weil 95 % der NH₃-Emissionen aus der Landwirtschaft stammen, müssen die Massnahmen auch dort ansetzen. Es ist deshalb besonders wichtig, dass in diesem Sektor verstärkt effiziente und effektive Massnahmen umgesetzt werden (siehe L1).

e) Treibhausgase

Im Massnahmenplan Luft wird keine Massnahme zur spezifischen Reduktion von Treibhausgasen aufgeführt. Solche sind im Rahmen der Klimastrategie zu definieren und umzusetzen. Mehrere Massnahmen, die im neuen Massnahmenplan enthalten sind, haben jedoch Synergien mit dem Klimaschutz und führen auch zu Reduktionen im Ausstoss von Treibhausgasen und Vorläufersubstanzen:

- Die Verkehrsmassnahmen inkl. Elektromobilität reduzieren den Verbrauch von Treibstoffen und damit auch die Emissionen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Ausserdem tragen sie zur Reduktion der Vorläufersubstanzen NO_x, NMVOC, Kohlenmonoxid (CO) und des indirekten Klimagases Schwefeldioxid (SO₂) bei.
- Massnahmen bei den Holzfeuerungen haben zwar auf die fossilen CO₂-Emissionen keinen Einfluss, denn es handelt sich wegen seines biogenen Ursprungs um klimaneutrales CO₂. Sie reduzieren aber Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) und vor allem Feinstaub, dessen Russanteile ein starkes Erwärmungspotenzial aufweisen.
- Die Massnahmen bei der Industrie reduzieren ebenfalls PM10-Emissionen und tragen damit positiv zum Klimaschutz bei. Weiter verringern sie NO_x und NMVOC als Vorläufersubstanzen für Ozon, das seinerseits ein hohes Erwärmungspotenzial besitzt.
- Die Massnahmen bei der Landwirtschaft reduzieren NH₃, das den Grundstoff für die Bildung von Lachgas (N₂O) bildet. Damit unterstützen auch diese Massnahmen den Klimaschutz.

Die schrittweise Optimierung der Motorentechnik und der Abgasnachbehandlungssysteme im Verkehr hat in den letzten Jahrzehnten zu einer besseren Luftqualität geführt. Diese positive Entwicklung ist neben den technischen Fortschritten bei den Feuerungsanlagen auch der effizienteren Abluftreinigung in industriellen und gewerblichen Betrieben zu verdanken. Verschiedene Luftschadstoffe wie PM10 und Ozon treten aber weiterhin regional und saisonal in zu hohen Konzentrationen auf, die unsere Gesundheit und die Umwelt schädigen. Dies gilt insbesondere auch für die Russbelastung durch Holzfeuerungen und Dieselmotoren sowie für die übermässigen Stickstoffeinträge in empfindliche Ökosysteme wie Wälder oder Moore. In Bezug auf Ammoniak ist vor allem die Landwirtschaft gefordert, ihre hohen Ammoniakverluste beim Umgang mit dem Hofdünger deutlich zu senken.

4.3.2. Elektromobilität

Das Amt für Energie und Verkehr (AEV) hat die Chancen Risiken der Elektromobilität für den Kanton Graubünden untersucht und in einem Bericht dokumentiert (AEV 2014). Es arbeitet zurzeit zusammen mit anderen Ämtern einen Masterplan zur Ladeinfrastruktur aus. Weil sich Elektrofahrzeuge hauptsächlich für den Stadtverkehr oder kurze Pendeldistanzen eignen, sind die Voraussetzungen für die Elektromobilität im Kanton Graubünden aktuell nicht sehr günstig. Trotzdem ist ein Interesse dafür vorhanden, denn Elektromobilität wird mit intakter Umwelt, sauberer Luft und Wasserkraft in Verbindung gebracht, was wichtige Marketing-Argumente für den Kanton Graubünden sind. Zudem ist in den nächsten Jahren ein Entwicklungsschub bei den

Batterien zu erwarten, so dass sich die Reichweiten von Elektrofahrzeugen verdoppeln wenn nicht verdreifachen werden.

Es ist unbestritten, dass Elektrofahrzeuge einen Beitrag zur Luftreinhaltung und zum Klimaschutz leisten können, wenn sie anstelle von Benzin- oder Dieselfahrzeugen benutzt werden und der Strom aus erneuerbaren Energiequellen stammt. Deshalb scheint es gerechtfertigt, entsprechende Massnahmen im Massnahmenplan Luftreinhaltung aufzunehmen.

Im Bericht des AEV werden Handlungsoptionen für den Kanton und für die Gemeinden diskutiert. „Hohe“ Wirkungen werden von einem Bonus-Malus auf der kantonalen Motorfahrzeugsteuer, direkten Kaufsubventionen und Pilotprojekten erwartet. Bonus-Malus-Systeme und neue Subventionen haben aber im heutigen politischen Umfeld keine reellen Chancen, sodass nur Pilotprojekte in Frage kommen. Ein solches wird in die Massnahme V2 "Öffentlicher Verkehr" aufgenommen. Weitere Handlungsoptionen mit „mittlerer“ Wirkung sollen nicht im Rahmen des Massnahmenplans, sondern im Vollzug der Aufgaben des AEV realisiert werden¹⁴.

4.3.3. Massnahmenliste

Tabelle 5: Übersicht über weitergeführte, geänderte und neue Massnahmen (quellenspezifisch)				
Sektor	Massnahmen	Bezeichnungen		
		GR neu	GR bisher	Cercl'Air
Feuerungen	Holzfeuerungen (verschärfte Betriebsvorschriften und Anforderungen)	F1	-	MP1
	Holzfeuerungen bis 70 kW FWL, Pizza- und Brotbacköfen	F2	C3, C4	MP1
	Holzfeuerungen ≥ 70 KW Feuerungswärmeleistung	F3	C1	MP1
Verkehr	Verkehr und Siedlung	V1	A5, A6	MP7
	Öffentlicher Verkehr	V2	A3	MP7
	Ökologische Gütertransporte	V3	A2	MP10
	Veloverkehr	V4	A4	MP7
	Absenkepfad Treibstoffverbrauch und Emissionen	V5	-	-
Ind. / Gew.	VOC-Emissionen aus Industrie und Gewerbe	IG1	B1	MP5
	Partikelemissionen von Arbeitsmaschinen ^{a)}	IG2	C7, C8, C9	MP4
	Emissionsbegrenzung für stationäre Verbrennungsmotoren	IG3	C2	MP3
Landwirtschaft	Stickstoffhaltige Emissionen	L1	D1	MP6
Querschnitt	Grundlagen für die Massnahmenplanung	Q1	A7, A12	(MP9)
	Beschaffung in öffentlichen Verwaltungsstellen	Q2	A10	---
Interventionskonzept			B2, C12	---

^{a)} Massnahme IG2 wird im Zuge der LRV-Revision von 2018 und im Rahmen der Novelle 2018 gestrichen.

¹⁴ Der Fachbereich „Öffentlicher Verkehr“ des AEV hat u.a. die Aufgabe, den „öffentlichen Personenverkehr zu fördern mit dem Ziel, den Menschen und seine Umwelt zu schützen sowie Energie sparsam und wirtschaftlich zu verwenden“.

Tabelle 5 gibt einen Überblick über die weiterzuführenden und neuen Massnahmen. Die weiterzuführenden Massnahmen gehen aus den bisherigen Massnahmen hervor, werden aber – wo nötig – aktualisiert und erweitert. Die neuen Massnahmen basieren grösstenteils auf den Vorschlägen des Cercl’Air für „Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität“ (Cercl’Air 2012; zwecks Nachvollziehbarkeit sind die Bezeichnungen aus dem Cercl’Air-Bericht in der hintersten Spalte von Tabelle 5 angegeben). Neu werden die Massnahmen nicht mehr nach Schadstoff gruppiert, sondern nach Sektoren respektive Emissionsquellen.

4.4. Branchenvereinbarung Zementwerk

Die NO_x-Emissionen des Zementwerkes in Untervaz sind ein Bestandteil der gesamtschweizerischen Branchenvereinbarung mit der Zementindustrie für die Periode vom 1.1.2016 bis 31.12.2021. In diesem Zeitraum gilt ein gegenüber der LRV verschärfter Emissionsgrenzwert von 450 mg NO_x/m³. Daher werden im Rahmen des Massnahmenplanes keine spezifischen Massnahmen mehr zur Reduktion des NO_x-Ausstosses des Zementwerks in Untervaz aufgenommen. Falls die Branchenvereinbarung nach 2021 nicht weitergeführt wird, ist im Rahmen der kantonalen Massnahmenplanung eine alternative Massnahme zur Emissionsreduktion vorzusehen.

4.5. Interventionskonzept

4.5.1. Ozon-Sofortmassnahme für die Südtäler

Gemäss Beschluss der Bau-, Planungs- und Umweltdirektorenkonferenz (BPUK) werden die Medien seit Sommer 2005 gesamtschweizerisch mit einer Information bedient, wenn das An-derthalbfache des Ozongrenzwertes (Informationsschwelle gemäss EU Richtlinie bei 180 mg/m³) erreicht wird. Ziel der Massnahme ist es, die besonders betroffenen Gemeinden gleichzeitig mit den Medien über die Situation zu informieren, damit diese über geeignete Informationskanäle (Anschlagkasten, individuelle Beantwortung von Fragen aus der Bevölkerung) die Einwohnerinnen und Einwohner informieren können. Während Phasen sehr hoher Ozonbelastung soll die Information der Gemeinden ca. alle 4 Tage erneuert werden.

Das Vorgehen bei Erreichen des Doppelten des Immissionsgrenzwertes (Massnahmenschwelle gemäss EU Richtlinie bei 240 mg/m³) wurde von der BPUK nicht geregelt. Der Kanton Tessin und das Misox sind, gefolgt vom Kanton Genf, die von hohen Ozonwerten am stärksten betroffenen Gebiete der Schweiz. Die Umweltdirektoren des Tessins und Graubündens haben im Jahrhundertsommer 2003 gemeinsam als Sofortmassnahme die Geschwindigkeit auf den Nationalstrassen reduziert und für die Sommer 2004/05 ein entsprechendes Dispositiv vorbereitet, indem in Phasen sehr hoher Ozonbelastung (Ozonkonzentrationen über dem doppelten

Grenzwert) die Temporeduktionsmassnahme auch künftig angewendet werden soll. Zudem soll der öffentliche Verkehr im Misox bei solchen ausserordentlich hohen Ozonbelastungen tagesweise gratis angeboten werden. Diese Grundsätze wurden als Ergebnisse des Treffens vom 20. Juni 2005 zwischen Regierungsrat Claudio Lardi (GR) und Regierungsrat Marco Borradori (TI) schriftlich festgehalten.

Im Dezember 2006 beschliesst die Regierung des Kantons Graubünden Massnahmen zur Bekämpfung ausserordentlich hoher Luftbelastung (Regierungsbeschluss vom 22. Dezember 2006, Protokoll Nr. 1422). Als Interventionsmassnahme im Falle von Sommersmog ist die Festlegung von Tempo 80 auf der A13 (Abschnitt Grenze TI/GR bis Soazza) während maximal 8 Tagen vorgesehen, ansonsten muss ein Genehmigungsverfahren eingeleitet werden. Zudem werden das Amt für Energie und Verkehr sowie das Amt für Natur und Umwelt beauftragt, je nach Lagebeurteilung Beiträge an die Verbilligung des öffentlichen Verkehrs zu leisten.

Die Sofortmassnahmen zur Bekämpfung des Sommersmogs in den Südtälern (ehemalige Massnahme B2) werden im vorliegenden Massnahmenplan nicht mehr aufgeführt, da sie von der Regierung des Kantons Graubünden bereits im Regierungsbeschluss vom 22. Dezember im Detail festgehalten wurden.

4.5.2. Feinstaub-Sofortmassnahmen

Im Kanton Graubünden gilt das Interventionskonzept der Schweizerischen Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz (BPUK 2006), das bei „ausserordentlich hoher Luftbelastung durch zu viel Feinstaub“ zur Anwendung kommt. Das Konzept enthält koordinierte, temporäre und abgestufte Massnahmen:

- Informationsstufe mit verstärkter Informationstätigkeit, Aufrufen zu freiwilligen Massnahmen (Tagesmittel übersteigt 150 % vom Immissionsgrenzwert ($> 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$)),
- Interventionsstufe 1 (Tagesmittel übersteigt das Doppelte des Immissionsgrenzwertes ($> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)) mit behördlich angeordneten Massnahmen,
- Interventionsstufe 2 (Tagesmittel übersteigt das Dreifache des Immissionsgrenzwertes ($> 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)) mit zusätzlich behördlich angeordneten Massnahmen.

Die zur Anwendung kommenden Massnahmen (z.B. Betriebsverbot für Cheminéeen, Einsatzverbot von Arbeitsmaschinen ohne Partikelfilter) sind im vorliegenden Massnahmenplan nicht aufgeführt, weil sie im Interventionskonzept bereits vorgegeben werden, zu dessen Umsetzung sich der Kanton Graubünden verpflichtet hat. Zudem werden sie im Regierungsbeschluss vom 22. Dezember 2006 (Protokoll Nr. 1422) im Detail festgehalten.

4.6. Synergien mit der kantonalen Klimastrategie

Die angestrebte Reduktion der Luftschadstoffe steht in engem Zusammenhang mit den Klimazielen, die sich der Kanton im Rahmen seiner Strategie gesetzt hat (vgl. Kapitel 2.3). Bei der Konzeption und Umsetzung von Massnahmen gilt es daher bestehende Synergien zu nutzen. Substitutionsmassnahmen und Massnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs im Gebäudebereich und in der Industrie tragen sowohl zur Reduktion der Luftschadstoffe als auch der Klimagase bei. Ebenso leisten Massnahmen zur Förderung des öffentlichen Verkehrs, der E-Mobilität und des Langsamverkehrs sowie Massnahmen zur Verlagerung des Gütertransports auf die Schiene in beider Hinsicht einen wesentlichen Reduktionsbeitrag. Indirekt wirken sich auch Massnahmen zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft positiv auf die Treibhausgas-Emissionen aus, da so indirekte Lachgas-Emissionen aus den Böden reduziert werden können. Weil VOC-Emissionen zur Bildung von Ozon beitragen, zeigen die geplanten Reduktionsmassnahmen ebenfalls in beiden Bereichen eine Wirkung. Synergien zwischen Klimaschutz und Luftreinhaltung gibt es insbesondere bei folgenden Massnahmen.

- Zielvereinbarungen mit Grossverbrauchern steigern einerseits die Energieeffizienz von Industrie- und Dienstleistungsbetrieben und reduzieren andererseits die Emissionen an Luftschadstoffen aus der Industrie.
- Im Gebäudebereich tragen vor allem die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE), das Energiegesetz, das CO₂-Gesetz und das Gebäudeprogramm zur Reduktion des Energieverbrauchs bei; diese Instrumente leisten daher auch im Hinblick auf die Massnahmenplanung im Luftbereich einen wesentlichen Beitrag zur Zielerreichung.
- Technische und planerische Massnahmen zur Begrenzung des Anstiegs der Fahrleistungen im Strassenverkehr weisen ebenfalls Synergien mit den klimapolitischen Zielen auf.
- Nicht zuletzt leistet auch die Beschaffungspolitik des Kantons im Bereich der Gebäudetechnik und bei den Fahrzeugen einen wichtigen Beitrag zur Reduktion des Energieverbrauchs und somit zur Reduktion der Emissionen an Luftschadstoffen und Treibhausgasen.

Mögliche Zielkonflikte

- Neben den oben erwähnten Synergien sind auch Zielkonflikte zwischen Klimaschutz und Luftreinhaltung zu erwarten. Im Gebäudebereich wird zur Erreichung der Klimaziele der Ersatz von fossilen Energieträgern durch erneuerbare gefördert, u.a. auch von Holz als Brennstoff. Der Energieholzverbrauch lag im Jahr 2012 bei rund 385 GWh pro Jahr (AEV 2013) und es besteht ein zusätzlich nutzbares, jährliches Potenzial von 420 GWh (GEO PARTNER AG 2015). Somit ist in Zukunft mit neuen Holzenergieanlagen zu rechnen. Um zu verhindern, dass sich die Förderung von Holzfeuerungen nachteilig auf die Immissionsituation regional und saisonal auswirkt, sind (technische) Massnahmen wie beispielsweise Abluftfil-

ter zur Begrenzung der Emissionen an Luftschadstoffen wie Feinstaub und Russ von zentraler Bedeutung.

- Kleine Biogasanlagen leisten einen Beitrag zur Förderung erneuerbarer Energien, sie können aber bei ungenügendem Stand der Technik oder mangelhaftem Betrieb die Emissionen von Treibhausgasen und Ammoniak erhöhen. Deshalb muss bei der Bewilligung solcher Anlagen ein besonderes Augenmerk auf die Umsetzung des Standes der Technik beim Betrieb und der Emissionsminderung gelegt werden.

4.7. Wirkungen und Kosten der Massnahmen

Emissionsreduktion

Mit den vorgesehenen Massnahmen ist für das Jahr 2020 die in Tabelle 6 aufgeführte Emissionsreduktion zu erwarten.

Tabelle 6: Erwartete Emissionsreduktion aufgrund der vorgeschlagenen Massnahmen nach Schadstoff und Emittenten für das Jahr 2020.							
Massnahmen		CO₂ fossil	NH₃	NMVOC	NO_x	PM10 exh.	PM10 non exh
		kt/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a
Feuerungen		-	-	-	-	30.0	-
F1	Holzfeuerungen (Verschärfte Betriebsvorschriften und Anforderungen)	-	-	-	-	6.0	-
F2	Holzfeuerungen bis 70 kW FWL, Pizza- und Brotbacköfen	-	-	-	-	15.0	-
F3	Holzfeuerungen ≥ 70 kW Feuerungswärmeleistung	-	-	-	-	9.0	-
Verkehr		12.5	2.3	11.0	23.4	0.5	2.3
V1	Verkehr und Siedlung	-	-	-	-	-	-
V2	Öffentlicher Verkehr	9.4	1.7	8.2	17.6	0.4	1.7
V3	Ökologische Gütertransporte	0.1	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0
V4	Veloverkehr	3.0	0.6	2.7	5.4	0.1	0.6
Industrie und Gewerbe		-	-	25.0	0.2	4.3	-
IG1	VOC-Emissionen aus Industrie und Gewerbe	-	-	25.0	-	-	-
IG2	Partikel-Emissionen von Arbeitsmaschinen	-	-	-	-	4.0*	-
IG3	Emissionsbegrenzung für stationäre Verbrennungsmotoren	-	-	-	0.2	0.3	-
Landwirtschaft		-	127	-	-	-	-
L1	Ammoniak-Emissionen	-	127	-	-	-	-
Total (gerundet)		13	129	36	24	35*	2

*Unter der Voraussetzung, dass der Bund den Antrag auf Ausweitung der Vorschriften für Baumaschinen bezüglich Partikelanzahlgrenzwerten auf alle dieselbetriebenen Arbeitsmaschinen und Geräte ab 18 kW gutheisst (vgl. Massnahme IG2 und Kapitel 5.1).

Kosteneffizienz der Massnahmen

Die geplanten Massnahmen sind mit Kosten für die öffentliche Hand verbunden, beispielsweise für die Erfolgs- und Wirkungskontrolle. Weitere Kosten fallen für die Privatwirtschaft und die Haushalte an. Den Kosten gegenüber steht der Nutzen der Massnahmen in der Reduktion von Gesundheitskosten, die durch Luftverschmutzung verursacht werden (z.B. Atemwegserkrankungen). Die Verringerung von Luftschadstoffkonzentrationen und –depositionen haben einen weiteren Nutzen auf Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume, indem sie zur Erhaltung der Biodiversität beitragen. Schliesslich leisten die Massnahmen dank ihrer gleichzeitigen Reduktion von Treibhausgasen einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Das Verhältnis solcher Nutzenaspekte zu den Kosten ergibt die Kosteneffizienz. Sie kann für einzelne Massnahmen nur schwer quantifiziert werden, da sich durch die Kombination der verschiedenen Massnahmen Synergien ergeben und somit der Gesamtnutzen mit grösster Wahrscheinlichkeit höher ausfällt als angenommen wird.

5. Umsetzung und weiteres Vorgehen

5.1. Anträge an den Bundesrat, Koordination mit anderen Kantonen

Für die nachfolgend aufgeführten Massnahmen sind in Koordination mit anderen Kantonen Anträge an den Bund vorgesehen. Grundsätzlich sollen diese Massnahmen somit auf Bundesebene umgesetzt werden. Bis der Antrag angenommen wird – oder im Falle einer Ablehnung – werden einzelne, nachfolgend aufgelistete Massnahmen, welche als Antrag an den Bund formuliert werden sollen, im kantonalen Massnahmenplan umgesetzt (F1.7, F2.2, IG2, L1.3; vgl. dazu auch die entsprechenden Massnahmenblätter in Kapitel 6). Sie werden hinfällig, sobald sie auf Bundesebene umgesetzt werden.

F1.7: Mehrkesselanlagen/ Bemessung der Feuerungswärmeleistung bei Holzfeuerungen

Die Bemessung der massgebenden Feuerungswärmeleistung erfolgt durch das Addieren der einzelnen Feuerungswärmeleistungen aller Holzfeuerungen.

→ *Diese Massnahme wird aus dem Katalog der Anträge an den Bundesrat gestrichen, da sie durch die neuste LRV-Revision (in Kraft ab 1. Juni 2018) abgedeckt ist.*

F2.2: Emissionsgrenzwerte für Restholzfeuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung < 70 kW

Für Holzfeuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung (FWL) von 40 bis 70 kW, die mit belastetem Restholz gemäss Anhang 5 Ziff. 31 Abs. 1 Bst. c LRV betrieben werden, gelten die gleichen LRV-Emissionsgrenzwerte (EGW) wie für Holzfeuerungen mit FWL von 70 bis 500 kW.

→ *Diese Massnahme wird aus dem Katalog der Anträge an den Bundesrat gestrichen, da sie durch die neuste LRV-Revision (in Kraft ab 1. Juni 2018) abgedeckt ist.*

IG2: Partikelemissionen von Arbeitsmaschinen

Beim Bundesrat wird beantragt, rechtliche Grundlagen zu schaffen, sodass möglichst rasch alle neu in Betrieb genommenen dieselbetriebenen Arbeitsmaschinen und Geräte ab 18 kW unabhängig von deren Einsatzgebiet den Anforderungen für Baumaschinen gemäss Anh. 4 Ziffer 3 ff. LRV entsprechen.

→ *Diese Massnahme wird aus dem Katalog der Anträge an den Bundesrat gestrichen, da sie durch die neuste LRV-Revision (in Kraft ab 1. Juni 2018) abgedeckt ist.*

L1.3: Reduktion des Eiweissgehaltes bei Futtermitteln

Beim Bundesrat wird beantragt, tiefe Harnstoffgehalte bei Milchkühen mit Ressourceneffizienzbeiträgen (REB) zu fördern.

Antrag zur Abschaffung einer Erleichterung des NO_x-Grenzwertes

In Ergänzung zu obiger Zusammenstellung wird beim Bundesrat beantragt, dass für Heizöl mit erhöhtem Stickstoffgehalt (> 140 mg/kg) in Zukunft keine Erleichterung des NO_x-Grenzwertes gewährt wird resp. dass der NO_x-Grenzwert bei Feuerungen mit Heizöl «extraleicht» gemäss Anhang 3 Ziffer 411 Abs. 1 LRV auch für Heizöl mit einem Stickstoffgehalt über 140 mg/kg gilt. Damit soll die Verwendung des umweltfreundlicheren Öko-Öls mit tieferem Stickstoffgehalt gefördert und damit einen Beitrag zur Reduktion des NO_x-Ausstosses bei Ölfeuerungen geleistet werden.

→ *Diese Massnahme wird aus dem Katalog der Anträge an den Bundesrat gestrichen, da sie durch die neuste LRV-Revision (in Kraft ab 1. Juni 2018) abgedeckt ist.*

5.2. Umsetzung und Vollzugskontrolle der kantonalen Massnahmen

Für die Umsetzung der einzelnen Massnahmen sind wie bisher die einzelnen Fachstellen zuständig. Das ANU koordiniert die Umsetzung. Dazu ist jährlich eine Koordinations-sitzung mit den zuständigen Fachstellen vorgesehen. Die Fachstellen sind verpflichtet, das ANU periodisch über den Stand der Umsetzung zu informieren. Im Detail ist der Vollzug in den Massnahmenblättern dokumentiert (vgl. Kapitel 6 Massnahmenblätter).

Als Erfolgskontrolle sind eine Vollzugskontrolle anhand verschiedener Indikatoren und eine Wirkungskontrolle basierend auf dem Emissionskataster des Kantons Graubünden vorgesehen. Die Ergebnisse werden in einem Bericht zuhanden der Regierung periodisch festgehalten.

In übermässig belasteten Gebieten sieht der Massnahmenplan weitergehende Massnahmen vor. Diese werden in der Form eines regionalen Massnahmenplans erarbeitet und umgesetzt. Für das Misox existiert bereits ein solcher Massnahmenplan (ANU 2014c). Dieses Instrument ermöglicht mit spezifischen Massnahmen der übermässigen Belastung in lokal begrenzten Gebieten gezielt entgegenzuwirken.

6. Massnahmenblätter

6.1. Feuerungen

Für neue Feuerungsanlagen, beim Ersatz von bestehenden Feuerungsanlagen oder für bestehende Feuerungsanlagen gelten die Anforderungen F1 im Sinne der Vorsorge gestützt auf Art. 11 USG. Die (verschärften) Emissionsbegrenzungen der Massnahmen F2 und F3 gelten im Falle von Immissionsgrenzwertüberschreitungen oder können im Falle von übermässigen Immissionen im Sinne des Umweltschutzgesetzes angewendet werden. Der Vollzug erfolgt im bisherigen Rahmen der Feuerungskontrolle.

6.1.1. F1 Holzfeuerungen (Betriebsvorschriften/Anforderungen)

F1 Holzfeuerungen (Betriebsvorschriften und Anforderungen)	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
Emittentengruppe: Feuerungen	Typ: Kantonale Massnahme und Antrag an den Bundesrat
<p>Beschreibung (Erläuterungen zu Massnahme F1 siehe Kapitel 8.2.1)</p> <p>F1.1 Anfeuern und Betrieb (Auslegungsrösse) ¹ Holzfeuerungen dürfen pro Heiztag in der Regel nur einmal angefeuert werden. Ausgenommen sind Holzkochherde für den Kochbetrieb und automatische Holzfeuerungen, die mit Holzpellets betrieben werden. ² Bei Stückholzfeuerungen dürfen die Abbranddauer und die Wärmeabgabe nicht durch Drosseln der Verbrennungsluft verlängert resp. gesenkt werden.</p> <p>F1.2 Wärmespeicher Mit Holzbrennstoff betriebene Zentral- und Hauptheizungen sind mit genügend grosser Wärmespeicherkapazität auszurüsten, damit eine ausreichende tägliche Wärmeversorgung beim Betrieb gemäss F1.1 sichergestellt werden kann. Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Feststoffspeicher bei Speicheröfen, Wohnraumfeuerungen, Absorberöfen usw. • Wasserspeicher bei Heizkesseln mit hydraulischen Wärmeverteilungssystemen. <p>F1.3 Sanierungsfrist Es gelten die Sanierungsfristen nach Art. 10 LRV.</p> <p>F1.4 Abnahme neuer Feuerungen Neue Holzfeuerungen, namentlich auch Einzelstücke, dürfen nur betrieben werden, wenn mindestens eine der folgenden Anforderungen erfüllt ist:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Ein Konformitätsnachweis oder eine gleichwertige Leistungserklärung über die Einhaltung der Prüfstandgrenzwerte vorliegt, b) die Anlage nach einem anerkannten Berechnungsverfahren, insbesondere dem Kachelofenberechnungsprogramm des Verbandes für Wohnraumfeuerungen, Plattenbeläge und Abgassysteme (<i>feu suisse</i>), geplant und gebaut wurde (Geräteschild), c) die Anlage mit einem Staubabscheidesystem ausgerüstet ist, welches die Konzentration der Feststoffe im Abgas von Beginn der Anfeuerungsphase bis und mit der Ausbrandphase um mindestens 60 Prozent vermindert, 	

F1 Holzfeuerungen (Betriebsvorschriften und Anforderungen)

d) oder mit einer Abnahmemessung die Einhaltung der vorsorglichen Emissionsgrenzwerte nachgewiesen oder dokumentiert werden kann.

F1.5 Wassergehalt im Brennholz

¹ Stückholz- und Hackholzschnitzelfeuerungen dürfen nur mit ausreichend trockenem Holzbrennstoff betrieben werden.

² Bei Stückholz darf ein maximaler Wassergehalt (M) von 20% nicht überschritten werden.

³ Hackholzschnitzelfeuerungen bis 70 kW dürfen nur mit "Qualischnitzel®" adäquaten Brennstoffen betrieben werden, und müssen somit den Anforderungen der Normenbezeichnung WSP 45 W18 Q entsprechen.

(Wassergehalt (M) über 35 % für Hackholzschnitzel siehe Teilmassnahme F3.1 Absatz 4.)

F1.6 Glutbettunterhalt / Zündung

¹ Holzfeuerungen mit Holzbrennstoffen nach Anh. 5 Ziff. 31 Abs. 1 Bst. b und c LRV, dürfen pro Heiztag max. 4 Stunden im Glutbettunterhalt betrieben werden.

² Automatisch beschickte Holzfeuerungen sind, soweit technisch möglich, mit einer automatischen Zündung auszurüsten.

F1.7 Mehrkesselanlagen, Bemessung der Feuerungswärmeleistung

Diese Teilmassnahme wird aufgehoben, da sie neu durch die LRV-Revision von 2018 (in Kraft ab 1. Juni 2018) abgedeckt ist (vgl. Anhang 3 Ziff. 3 LRV).

F1.8 Verschärfte Massnahmen in übermässig belasteten Gebieten

In Gebieten mit überschrittenen Immissionsgrenzwerten für Staub (Anhang 7 LRV) können weitergehende Massnahmen ergriffen werden, bezüglich:

- Verkürzung der Sanierungsfristen
- Verschärfung von Betriebsvorschriften, z.B. im Sinne von Betriebseinschränkungen
- Verschärfung der Anforderungen für Neuanlagen

Ziel

Bei unsachgemäßem Betrieb einer Holzfeuerung entstehen deutlich höhere Emissionen als bei einer Anlage mit optimierten Betriebsbedingungen. Die verschärften Vorschriften zum Betrieb von bestehenden Holzfeuerungen und von neuen Anlagen sollen im Sinne der Vorsorge gestützt auf Art. 11 USG dazu beitragen, die Dauer der ungünstigen Betriebszustände wie beispielsweise die Start- und Ausbrandphase zu vermindern.

Kontext

Während des Anfeuerns und des Ausbrands sind die Schadstoffkonzentrationen im Vergleich zum kontinuierlichen Betrieb wesentlich höher. Daher können die Emissionen durch Vorgaben zum Betrieb deutlich reduziert werden (minimale Betriebsdauer, Minimallast, Glutbettunterhalt/ Zündung, Wärmespeicherung, Anforderungen an den Brennstoff).

F1 Holzfeuerungen (Betriebsvorschriften und Anforderungen)		
Wirkungen		
<p>Dieses Massnahmenpaket bewirkt eine Reduktion der PM10-Emissionen bei bestehenden und neuen Holzfeuerungen. Es wird je nach Anlagentyp von einem Reduktionspotenzial zwischen 15 bis 25 % ausgegangen. In Bezug auf die Gesamtemissionen von Industrie, Haushalten, Gewerbe und Dienstleistungen¹⁵ entspricht dies für das Massnahmenpaket F1 der folgenden Reduktion an PM10-Emissionen:</p>		
Schadstoff	Relative Reduktion in %	Absolute Reduktion (2020)
PM10	-4 %	-6 t/a
Kosten/Nutzen		
<p>Für die Anlagenbesitzer fallen Investitionskosten durch das Nachrüsten und die Sanierung bestehender Anlagen an. Kosten für die Planung und den Bau neuer Anlagen variieren je nach Feuerungswärmeleistung und Technologie sehr stark und können daher nicht quantifiziert werden. Durch die Optimierung der Betriebsbedingungen kann jedoch die Energieeffizienz erhöht und das Störfallrisiko vermindert werden. Dieser Zusatznutzen kann die Mehrkosten teilweise kompensieren.</p> <p>Mit dem Vollzug von verschärften Betriebsvorschriften und Anforderungen an Holzfeuerungen können die PM10-Emissionen reduziert werden und die Immissionssituation verbessert sich. Somit trägt dieses Massnahmenpaket dazu bei, die Gesundheitskosten zu reduzieren, die durch Luftverschmutzung verursacht werden (Atemwegserkrankungen).</p> <p>Der Vollzug wird im Rahmen des bestehenden Stellenetats der Holzfeuerungskontrolle durchgeführt.</p>		
VOLLZUG		
Zuständige Behörde	Beteiligte Stellen	
Amt für Natur und Umwelt (ANU)	Gemeinden über amtliche Holzfeuerungskontrolle	
Fristen		
Die Massnahme wird ab Inkrafttreten des Massnahmenplans laufend umgesetzt.		
Umsetzung		
Die Umsetzung erfolgt durch das ANU und die Holzfeuerungskontrolleure.		
Rechtsgrundlagen		
National: Art. 12 Abs. 1 Bst. c USG, Art. 16 USG, Art. 3 und 10 LRV		
Kantonal: Art. 15 KUSG, Art. 4 und 9 KUSV		
ERFOLGSKONTROLLE		
Umsetzungskontrolle		
Indikatoren:		
<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl und Anteil beanstandeter Anlagen bei Kontrollen • Anzahl und Anteil sanierter Anlagen 		
Wirkungskontrolle		
Die Wirkungskontrolle erfolgt über den kantonalen Emissionskataster.		

¹⁵ Reduktion relativ zu den PM10-Emissionen aus Haushalten/Gewerbe/Dienstleistungen und Industrie im Jahr 2015, abzüglich grosser Industrieanlagen. Dies ergibt ein Total von 161 t PM10/a.

6.1.2. F2 Pizza- und Brotbacköfen

F2 Pizza- und Brotbacköfen			
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG			
Emittentengruppe: Feuerungen		Typ: Kantonale Massnahme und Antrag an den Bundesrat	
Beschreibung (Erläuterungen zu Massnahme F2 siehe Kapitel 8.2.2 bis 8.2.4)			
F2.1 Verschärfte Kohlenmonoxid (CO) Grenzwerte für Holzfeuerungen bis 70 kW <i>Diese Teilmassnahme wird aufgehoben, da sie neu durch die LRV-Revision von 2018 (in Kraft ab 1. Juni 2018) abgedeckt ist (vgl. Anhang 3 Ziff. 522 LRV).</i>			
F2.2 Emissionsgrenzwerte durch Restholzfeuerungen <i>Diese Teilmassnahme wird aufgehoben, da sie neu durch die LRV-Revision von 2018 (in Kraft ab 1. Juni 2018) abgedeckt ist (vgl. Anhang 3 Ziff. 522 LRV).</i>			
F2.3 Pizza- und Brotbacköfen Gewerblich, während mehr als sechs Monaten pro Jahr betriebene Pizza- und Brotbacköfen gelten nach Art. 13 KUSG und Art. 4 Abs. 1 Bst. f und Anhang 1 KUSV als Anlagen, welche erhebliche Luftverunreinigungen verursachen. Für Pizza- und Brotbacköfen, die mit Holzbrennstoff betrieben werden, gelten folgende vorsorglichen Emissionsgrenzwerte: Vorsorgliche Emissionsgrenzwerte in mg/m ³ für Pizza- und Brotbacköfen bezogen auf 13 % vol. O ₂			
Luftschadstoff	Pizzaöfen	Backofen bis 70 kW FWL	Backofen über 70 kW FWL
Kohlenmonoxid CO	4'000 mg/m ³	4'000 mg/m ³	2'500 mg/m ³
Feststoffe	150 mg/m ³	150 mg/m ³	50 mg/m ³
Zusätzlich gelten folgende Vorschriften bezüglich Feststoffabscheidung: ¹ Im Sinne der Vorsorge sind neue Pizza- und Brotbacköfen mit geeigneten Rauchgasreinigungsanlagen (z.B. Nasswäscher) auszurüsten. ² Bestehende Pizza- und Brotbacköfen sind bei Beanstandungen wegen übermässiger Russ-, Rauch- oder Geruchimmissionen innert Jahresfrist nachzurüsten, bzw. zu sanieren.			
Ziel Der CO-Grenzwert (Art. 32 Abs. 2, LRV) von 4000 mg/m ³ wird in Fällen mit übermässigen Immissionen verschärft, und an den heutigen Stand der Technik angepasst. Damit wird auch im Sinne der Vorsorge nach Art. 11 USG eine bessere Wartung und Instandhaltung der Holzfeuerungen bis 70 kW FWL erreicht (vgl. dazu auch Massnahme F1). Eine Verschärfung der Grenzwerte vermindert nicht nur die Feinstaub- sondern auch die Geruchsimmissionen. Belastetes Restholz verursacht beim Verbrennungsvorgang gesundheitsschädliche Schadstoffe. Mit nachgeschalteten Rauchgasreinigungssystemen können erhebliche Mengen an gesundheitsschädlichen Substanzen, welche sich am Russ binden, als Feststoffe abgeschieden werden. Gewerblich betriebene Pizzaöfen werden täglich über mehrere Stunden betrieben. Die Erfahrungen des Vollzugs zeigen, dass dies zu erheblichem und sehr lästigem Russauswurf führen kann. Mit Rauchgasnachbehandlungsanlagen (z.B. Nasswäscher) ist es technisch möglich und auch wirtschaftlich tragbar, sowohl Russ- wie auch Geruchsimmissionen zu reduzieren.			
Kontext Durch verschärfte CO-Emissionsgrenzwerte für Holzfeuerungen unter 70 kW werden eine bessere Wartung und Instandhaltung der Anlagen im Sinne der Vorsorge und von Massnahme F1 erreicht sowie die Feinstaub-Emissionen reduziert. Die Verbrennung von belastetem Restholz verursacht besonders schädliche Emissionen. Holzfeuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung (FWL) über 70 kW müssen deshalb seit dem 1.1.2012 wesentlich strengere vorsorgliche Emissionsgrenzwerte einhalten als Restholzfeuerungen mit einer FWL bis 70 kW. Daher sind die Mindestanforderungen von Restholzfeuerungen unter 70 kW FWL denen der Holzfeuerungen von 70 bis 500 kW FWL gleichzusetzen.			

F2 Pizza- und Brotbacköfen**Wirkungen**

Die Verschärfung der CO-Emissionsgrenzwerte bewirkt generell eine Senkung der PM10-Emissionen. Im Falle von Restholzfeuerungen werden dadurch zusätzlich die Emissionen weiterer Schadstoffe (Dioxine und Furane, Schwermetalle und PAK) reduziert, die bei der Verbrennung von Restholz entstehen können. Es werden folgende Emissionsreduktionen beim PM10 prognostiziert:

Schadstoff	Relative Reduktion	Absolute Reduktion
PM10	-9 %	-15 t/a

Kosten/Nutzen

Der Vollzug wird im Rahmen des bestehenden Stellenetats der Holzfeuerungskontrolle durchgeführt.

Dank den verschärften Vorschriften für kleine Holzfeuerungen mit FWL bis 70kW können die PM10-Emissionen reduziert und die Immissionssituation verbessert werden. Somit trägt dieses Massnahmenpaket dazu bei, die Gesundheitskosten zu reduzieren, die durch Luftverschmutzung verursacht werden.

VOLLZUG**Zuständige Behörde**

Amt für Natur und Umwelt (ANU)

Beteiligte Stellen

keine

Fristen

Die Massnahme wird ab Inkrafttreten des Massnahmenplans laufend umgesetzt.

Umsetzung

Die Umsetzung erfolgt durch das ANU.

Rechtsgrundlagen

National: Art 1 Abs. 2 USG, Art 31. ff und Anhang 3 LRV

Kantonal: Art. 13 KUSG und Art. 4 Abs. 1 Bst. f und Anhang 1 KUSV

ERFOLGSKONTROLLE**Umsetzungskontrolle**

Indikatoren

- Anzahl und Anteil der Holzfeuerungen mit FWL bis 70 kW, welche die verschärften CO-Emissionsgrenzwerte nicht einhalten.
- Anzahl und Anteil der Restholzfeuerungen mit 40 kW bis 70 kW, welche die neuen Emissionsgrenzwerte für Restholzfeuerungen nicht einhalten.
- Anzahl und Anteil sanierter Pizza- und Brotbacköfen, die mit einer geeigneten Rauchgasreinigungsanlage ausgerüstet sind.

Wirkungskontrolle

Die Wirkungskontrolle erfolgt über den kantonalen Emissionskataster.

6.1.3. F3 Holzfeuerungen über 70 kW FWL

F3 Holzfeuerungen über 70 kW FWL	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
Emittentengruppe: Feuerungen	Typ: Kantonale Massnahme
<p>Beschreibung (Erläuterungen zu Massnahme F3 siehe Kapitel 8.2.5 und 8.2.6)</p>	
<p>F3.1 Minimallast und minimale Betriebsdauer pro Heiztag</p> <p>¹ Holzfeuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung (FWL) über 70 kW und bis 500 kW, welche mit Holzbrennstoffen gemäss Anhang 5 Ziff. 31 Abs. 1 Bst. b oder c LRV betrieben werden, dürfen in der Regel nur einmal pro Heiztag angefeuert werden. Es ist pro Heizkessel und pro Heiztag während mindestens 8 Stunden ein kontinuierlicher Betrieb grösser als die Minimallast (in der Regel mindestens 30% der FWL) auszuweisen, bei der die Emissionsgrenzwerte noch eingehalten werden.</p> <p>² Analog zu Absatz 1 gilt für Holzfeuerungen mit einer FWL über 500 kW die gleiche Anforderung für mindestens 12 Stunden.</p> <p>³ Von den Regelungen gemäss Absatz 1 und 2 ausgenommen sind Holzfeuerungen, die ausschliesslich mit Holzpellets betrieben werden.</p> <p>⁴ Hackschnitzel mit einem Wassergehalt (M) über 35% dürfen nur bei einer Bandlast mit einer Auslastung pro Heiztag von mindestens 18 Stunden und bei kontinuierlichem Betrieb grösser als 50% der FWL verbrannt werden.</p> <p>⁵ Die Ausrüstung und der Betrieb von Holzfeuerungen mit einer FWL über 70 kW, die mit Holzbrennstoff nach Anhang 5 Ziff. 31 Abs. 1 Bst. b - c LRV betrieben und automatisch beschickt werden, richten sich nach dem Stand der Technik, wie er insbesondere in den <i>Frequently Asked Questions</i> (FAQ) von QM Holzheizwerke zum Ausdruck kommt (http://www.qmholzheizwerke.ch/faqs.html).</p>	
<p>F3.2 Feinstaubfilter-Verfügbarkeit</p> <p>¹ Die wirksame Filterbetriebszeit muss über die gesamte Betriebsdauer während mindestens 90 % der Kesselbetriebszeit "FEUER-EIN" nachgewiesen werden.</p> <p>² Die Überwachung der Filterverfügbarkeit muss mittels Aufzeichnungen geeigneter Kontrollgrössen während der verschiedenen Betriebsmodi wie beispielsweise "FILTERVERFÜGBARKEIT", "BYPASSBETRIEB", "FEUER-EIN" und "FEUER-AUS" erfolgen. Grundlagen und Definitionen werden von QM Holzheizwerke in FAQ 38 dokumentiert.</p> <p>³ Für Hackschnitzelfeuerungen und Stückholzfeuerungen mit FWL über 150 kW, sowie Pelletsfeuerungen mit FWL über 250 kW, welche die Verfügbarkeit eines Feinstaubabscheidesystems nach Absatz 1 nicht nachweisen können, wird der 2-jährige Kontrollzyklus durch jährlich angeordnete Emissionsmessungen verschärft.</p>	
<p>F3.3 Stickoxide bei Holzfeuerungen mit FWL über 3 bis 5 MW</p> <p>Bei Holzfeuerungen mit FWL über 3 MW bis 5 MW ist unabhängig vom Massenstrom der vorsorgliche LRV-Emissionsgrenzwert für Stickoxide (angegeben als NO₂) von 250 mg/m³ gültig (vgl. Anhang 1 Ziff. 6 Bst. d LRV).</p>	
<p>F3.4 Holzfeuerungen mit FWL über 5 MW</p> <p>Die vorsorglichen Emissionsgrenzwerte für Holzfeuerungen mit FWL über 5 MW werden einzelfallweise und nach dem wirtschaftlich tragbaren Stand der Technik im fortschrittlichen Sinn gestützt auf Art. 4 LRV festgelegt. Als Orientierung dienen die beim Biomassekraftwerk in Domat/Ems verfügbaren Emissionsgrenzwerte.</p>	

F3 Holzfeuerungen über 70 kW FWL

F3.5 Altholzfeuerungen

¹ Altholz darf nur in dafür bewilligten Anlagen mit einer Einzelfeuerungs-Wärmeleistung von mindestens 1 MW verbrannt werden.

² Bei Altholzfeuerungen ist die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte durch den Inhaber der Anlage kontinuierlich zu überwachen. Dies erfolgt mittels Messung und Auswertung geeigneter, durch die Vollzugsbehörde festgelegter Kontrollgrößen.

³ Die Emissionen von neuen und bestehenden Altholzfeuerungen dürfen unabhängig vom Massenstrom folgende Konzentrationen nicht überschreiten:

Emissionsgrenzwerte für Altholzfeuerungen bezogen auf 11 % vol. O₂

Schadstoff	Einheit	Emissionsgrenzwert
Feststoffe insgesamt	mg/m ³	10
Stickoxide (NO _x)	mg/m ³	150
Organische Stoffe (Gesamt-C)	mg/m ³	20
Blei (Pb) und Zink (Zn) als Summe	mg/m ³	5
Kohlenmonoxid (CO)	mg/m ³	50
Schwefeldioxyde (SO ₂)	mg/m ³	50
Dioxine/Furane (PCDD/PCDF)	ng/m ³	0.1

Ziel

Ältere Holzfeuerungen mit FWL über 70 kW weisen heute oft zu hohe Emissionen auf, da sie in ungünstigen Betriebszuständen betrieben werden. Sie werden oft im Teillastbetrieb gefahren und müssen mehrere Male pro Tag hochgefahren oder gezündet werden.

Bei Holzfeuerungen mit nachgeschalteten Elektro- oder Gewebe- Feinstaubabscheidesystemen führt dies zudem zu einer ungenügenden Filter-Verfügbarkeit.

Durch eine bessere Dimensionierung und Steuerung, sowie ausreichendem Wärmespeichervolumen sollen diese ungünstigen Betriebszustände künftig möglichst vermieden werden.

Altholzfeuerungen sind wegen des mit Fremdstoffen belasteten Brennstoffes mit aufwendigen Abgasnachbehandlungsanlagen auszurüsten, welche die Schadstoffe im Abluftstrom effizient herausfiltern. Für Feuerungsanlagen mit FWL unter 1 MW sind diese Anforderungen wirtschaftlich nicht tragbar.

Kontext

Während des Anfeuerns sind die Schadstoffkonzentrationen im Vergleich zum kontinuierlichen Betrieb höher. Daher können die Emissionen durch Vorgaben zum Betrieb (minimale Betriebsdauer, Minimallast) deutlich reduziert werden.

Wirkungen

Diese Massnahme bewirkt eine Reduktion der PM10-Emissionen von Holzfeuerungen mit FWL ab 70 kW:

Schadstoff	Relative Reduktion	Absolute Reduktion
PM10	-5.5 %	-9 t/a

Kosten/Nutzen

Der Vollzug wird im Rahmen des bestehenden Stellenetats der Holzfeuerungskontrolle durchgeführt. Es entstehen keine zusätzlichen Kosten für die öffentliche Hand.

Dank der verschärften Vorschriften für Holzfeuerungen mit FWL ab 70kW können die PM10-Emissionen reduziert werden und die Immissionssituation verbessert sich. Somit trägt dieses Massnahmenpaket dazu bei, die Gesundheitskosten zu reduzieren, die durch Luftverschmutzung verursacht werden.

F3 Holzfeuerungen über 70 kW FWL	
VOLLZUG	
Zuständige Behörde Amt für Natur und Umwelt (ANU)	Beteiligte Stellen keine
Fristen Die Massnahme wird ab Inkrafttreten des Massnahmenplans laufend umgesetzt.	
Umsetzung Die Umsetzung durch das ANU.	
Rechtsgrundlagen National: Art 1 Abs. 2 USG, Art. 4, 31. ff und Anhang 3 LRV Kantonal: Art. 13 KUSG, Anhang 1 KUSV	
ERFOLGSKONTROLLE	
Umsetzungskontrolle Indikatoren: <ul style="list-style-type: none"> • Emissionsfrachten nach Leistungskategorie • Auswertung der Kontrollberichte in Bezug auf die Einhaltung der Vorschriften. 	
Wirkungskontrolle Die Wirkungskontrolle erfolgt auf Basis der regelmässigen Kontrollen.	

6.2. Verkehr

6.2.1. V1 Verkehr und Siedlung

V1 Verkehr und Siedlung	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
Emittentengruppe: Verkehr	Typ: Kantonale Massnahme
Beschreibung a) Das Amt für Raumentwicklung (ARE) wird beauftragt, die Abstimmung zwischen Siedlungsentwicklung und Verkehr im Rahmen der Planungsprozesse, d.h. in Zusammenarbeit mit Regionen und Gemeinden zu fördern und Siedlungsverdichtungen an den mit dem öffentlichen Verkehr gut erreichbaren Standorten vorzusehen. b) Das Amt für Raumentwicklung (ARE) wird beauftragt, im Rahmen des Planungsprozesses, d.h. in Zusammenarbeit mit Regionen und Gemeinden, die aus überörtlicher Sicht für publikumsintensive Einrichtungen geeigneten Standorte festzulegen und für die vorgesehenen Nutzungen grob vorzubereiten (Grob-Erschliessung des Gebietes, angemessene öV-Erschliessung).	
Ziel Die Massnahme zielt darauf ab den Modalsplit zu halten, bzw. den Anteil des öffentlichen Verkehrs und des Langsamverkehrs zu erhöhen.	
Kontext Gemäss Art. 8a RPG Abs. 1 lit. b ist der Kanton verpflichtet im kantonalen Richtplan festzulegen, wie Siedlung und Verkehr aufeinander abgestimmt werden und wie eine rationelle und flächensparende Erschliessung sichergestellt werden kann.	
Wirkungen Durch eine Optimierung der Siedlungsentwicklung in Bezug auf die öV-Erschliessung und die verbesserte öV-Erschliessung von publikumsintensiven Einrichtungen wird eine Reduktion des motorisierten Individualverkehrs erwartet. Zum einen ist dank einer verbesserten öV-Erschliessung tendenziell eine Erhöhung des Modalsplits zu erwarten. Zum anderen führt die Massnahme zu einer Verkürzung der Verkehrswege. Daher weist diese Massnahme Synergien mit der kantonalen Klimastrategie auf. Eine Reduktion des MIV reduziert zudem die NO _x -Emissionen. NO _x ist eine Vorläufersubstanz von Ozon und somit reduziert diese Massnahme indirekt auch die Bildung von Ozon.	
Kosten/Nutzen Es fallen nur Kosten der öffentlichen Hand an. Diese umfassen Planungs- und Vollzugskosten. Der Vollzug wird im Rahmen des bestehenden Stellenetats des ARE durchgeführt. Es entstehen somit keine zusätzlichen Kosten unter dem Titel „Massnahmenplan Luftreinhaltung“. Dank der Reduktion verkehrsbedingter Emissionen verbessert sich die Immissionsituation insbesondere in dicht besiedelten Gebieten. Die Massnahme trägt dazu bei, die Gesundheitskosten zu reduzieren, die durch Luftverschmutzung verursacht werden (Atemwegserkrankungen). Zudem leistet diese Massnahme einen Beitrag zum Klimaschutz. Diese Massnahme wird nicht primär aus Gründen der Lufthygiene umgesetzt. Die Kosteneffizienz der Massnahme kann daher nicht beziffert werden.	
VOLLZUG	
Zuständige Behörde Amt für Raumentwicklung (ARE)	Beteiligte Stellen keine
Umsetzung Das Raumkonzept GR wurde im Jahre 2014 abgeschlossen und von der Regierung zur Kenntnis genommen. Damit liegt eine Grundlage für die Abstimmung von Siedlung und Verkehr und für die nun anstehende Überarbeitung des kantonalen Richtplans vor.	

V1 Verkehr und Siedlung
<p>Fristen laufende Umsetzung</p>
<p>Rechtsgrundlagen National: Art 8a RPG Abs. 1 lit. b RPG, Art. 1 Abs. 2 Bst. a RPG; Art. 6 Abs. 2 Bst. c RPG; Art. 3 Abs. 3 Bst. b RPG; Art. 11 – 18 USG; Art. 75 Abs. 1 BV; Kantonal: Art 14. KRG</p>
ERFOLGSKONTROLLE
<p>Umsetzungskontrolle Indikatoren</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anteil Einwohner und Arbeitsplätze an gut erschlossenen Lagen (Im Urbanen Raum min. Güteklasse C, im suburbanen min. D, im ländlichen Raum min. E, im Tourismusraum in der Hochsaison min. D gemäss Bericht „Definition ÖV-Struktur / Erhebung ÖV-Güteklassen Graubünden).
<p>Wirkungskontrolle Die Wirkungskontrolle erfolgt über den kantonalen Emissionskataster.</p>

6.2.2. V2 Öffentlicher Verkehr

V2 Öffentlicher Verkehr																			
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG																			
Emittentengruppe: Verkehr	Typ: Kantonale Massnahme																		
<p>Beschreibung</p> <p>Die Fachstelle öffentlicher Verkehr (AEV) wird beauftragt, Angebot und Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs insbesondere für den Pendler- und Freizeitverkehr gezielt weiter zu entwickeln („schneller, häufiger, direkter, komfortabler zu attraktiven Tarifen“) und die entsprechend höheren Investitions- und Betriebsbeiträge an die Transportunternehmungen zu budgetieren.</p> <p>Konkret werden folgende Teilmassnahmen im Bereich der Weiterentwicklung des Angebotes und der Infrastruktur SBB/RhB ergriffen:</p> <ol style="list-style-type: none"> Die Infrastruktur SBB/RhB ist schrittweise auszubauen, sodass auf der Strecke Zürich-Chur ein ganztägiger Halbstundentakt angeboten werden kann (RB 1218/09, RB 277/11). Bis 2018/2022 soll auf dem grössten Teil des RhB-Netzes eine weitgehend halbstündliche Verbindung angeboten werden (STEP, Zimmermann 2014). Die öV-Erschliessung des Stadtteils Chur-West ist zu verbessern und auf die Siedlungsentwicklung abzustimmen (Beispiele: Haltestellen „Chur City West“ und „Chur Synergia“) (STEP, Zimmermann 2014). Ausbau des Busangebotes auf den wichtigsten Buslinien im Kanton (RB 1218/09, RB 277/11). Im Rahmen von Pilotprojekten sollen alternative Antriebssysteme (Hybridbusse, E-Busse) vermehrt gefördert werden. Mögliche Pilotregionen sind die Agglomerationen Davos-Klosters, Chur und Belinzone (MisoX). 																			
<p>Ziel</p> <p>Die geplanten Massnahmen verbessern das öV-Angebot ermöglichen eine Verlagerung des Personenverkehrs auf den öV. Angestrebt wird eine Erhöhung des öV-Anteils am gesamten Personenverkehr (gemessen als Personen-km pro Jahr) gegenüber heute.</p>																			
<p>Kontext</p> <p>Um den Anteil des motorisierten Individualverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen zu reduzieren, müssen Anreize zur vermehrten Nutzung des öffentlichen Verkehrs geschaffen werden. Dies umfasst vor allem einen Ausbau des Angebots, was mit einem entsprechenden Ausbau der Infrastruktur verbunden ist.</p>																			
<p>Wirkungen</p> <p>Die Optimierung und der Ausbau des öffentlichen Verkehrs senkt das Verkehrsvolumen an Personenkraftwagen und trägt so zu einer Senkung der spezifischen Luftschadstoff- und Klimagasemissionen (Schadstoff pro Personenkilometer). Die Massnahme setzt einen Anreiz, auf Personenkraftwagen zu verzichten und verschiebt somit den Modalsplit zugunsten des öffentlichen Verkehrs. Sie weist somit Synergien mit der Klimastrategie des Kantons auf. Eine Reduktion des MIV reduziert zudem die NO_x-Emissionen. NO_x ist eine Vorläufersubstanz von Ozon und somit reduziert diese Massnahme indirekt auch die Bildung von Ozon.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Schadstoff</th> <th>Relative Reduktion¹⁶ in %</th> <th>Absolute Reduktion</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NH₃</td> <td>-3 %</td> <td>-1.7 t/a</td> </tr> <tr> <td>NMVOG</td> <td>-3 %</td> <td>-8.2 t/a</td> </tr> <tr> <td>NO_x</td> <td>-3 %</td> <td>-17.6 t/a</td> </tr> <tr> <td>PM exhaust</td> <td>-3 %</td> <td>-0.4 t/a</td> </tr> <tr> <td>PM non exhaust</td> <td>-3 %</td> <td>-1.7 t/a</td> </tr> </tbody> </table>		Schadstoff	Relative Reduktion ¹⁶ in %	Absolute Reduktion	NH ₃	-3 %	-1.7 t/a	NMVOG	-3 %	-8.2 t/a	NO _x	-3 %	-17.6 t/a	PM exhaust	-3 %	-0.4 t/a	PM non exhaust	-3 %	-1.7 t/a
Schadstoff	Relative Reduktion ¹⁶ in %	Absolute Reduktion																	
NH ₃	-3 %	-1.7 t/a																	
NMVOG	-3 %	-8.2 t/a																	
NO _x	-3 %	-17.6 t/a																	
PM exhaust	-3 %	-0.4 t/a																	
PM non exhaust	-3 %	-1.7 t/a																	
<p>Kosten/Nutzen</p> <p>Dank der Reduktion der verkehrsbedingten Emissionen reduzieren sich die Immissionen insbesondere an stark befahrenen Verkehrsachsen. Die Massnahme trägt dazu bei, die Gesundheitskosten zu reduzieren, die</p>																			

¹⁶ Reduktion relativ zu den Emissionen der von der Massnahme betroffenen Fahrzeugkategorien (PW, Busse, Motorräder) im Jahr 2015.

V2 Öffentlicher Verkehr	
<p>durch Luftverschmutzung verursacht werden (Atemwegserkrankungen). Neben der Reduktion der verkehrsbedingten Emissionen an Luftschadstoffen, können mit dieser Massnahme auch in geringem Masse die Lärmemissionen reduziert werden. Zudem leistet diese Massnahme einen Beitrag zum Klimaschutz.</p> <p>Da es sich um den Ausbau von Angebot und Infrastrukturen handelt, ist die Massnahme mit hohen Kosten verbunden. Der Primärnutzen bezieht sich auf die Verkehrs- und Erschliessungsqualität. Die Kosteneffizienz der Massnahme in Bezug auf die Reduktionswirkung von Luftschadstoffen kann daher nicht sinnvoll beziffert werden.</p>	
VOLLZUG	
Zuständige Behörde	Beteiligte Stellen
Amt für Energie und Verkehr (AEV), Abteilung öV	keine
Umsetzung	
Laufende Umsetzung	
Fristen	
Laufende Umsetzung	
Rechtsgrundlagen	
National: Eisenbahngesetz vom 20. Dezember 1957 (Stand am 1. Juli 2013) (EBG; SR SR 742.101)	
Kantonal: Gesetz über den öffentlichen Verkehr im Kanton Graubünden vom 07.03.1993 (GöV; BR 872.100)	
ERFOLGSKONTROLLE	
Umsetzungskontrolle	
Indikatoren:	
Teilmassnahmen a-c)	
1. Angebot öV (Fahrplan-km)	
2. Anzahl öV-Passagiere	
3. Modalsplit	
4. Personenkilometer öV	
Teilmassnahme d)	
5. Zahl der umgesetzten Pilotprojekte	
Wirkungskontrolle	
Die Wirkungskontrolle erfolgt über den kantonalen Emissionskataster.	

6.2.3. V3 Ökologische Gütertransporte

V3 Ökologische Gütertransporte	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
Emittentengruppe: Verkehr	Typ: Kantonale Massnahme
<p>Beschreibung</p> <p>a) Grosse Bauvorhaben: Bei einem Bauvorhaben von mehr als 50 Mio. CHF oder einem Transportvolumen (Aushub, Abfälle, Rückbau- oder Baumaterialien) von mehr als 10'000 m³ muss die Möglichkeit geprüft werden, den Transport mit der Bahn oder im kombinierten Ladungsverkehr abzuwickeln. Gegebenenfalls wird die Baubewilligung nur mit einer entsprechenden Auflage erteilt. Auf die Auflage kann verzichtet werden, wenn der Gesuchsteller nachweist, dass die Transportkosten mit der Bahn höher sind als 115 % der Transportkosten auf der Strasse. Die Prüfung erfolgt durch das AEV oder die RhB. Bei dieser Auflage ist sicherzustellen, dass die Anbieter vor ihrer Offertstellung keine inhaltlichen Kenntnisse des jeweils anderen Angebotes haben.</p> <p>b) Transport von Siedlungsabfällen: Das Amt für Natur und Umwelt (ANU) wird beauftragt, Bewilligungen für den von Siedlungsabfällen mit Strassentransport von über 30 km nur dann zu erteilen, wenn der Gesuchsteller nachweist, dass die Transportkosten mit der Bahn höher sind als 115 % der Transportkosten auf der Strasse. Das ANU wird zudem beauftragt, in Zusammenarbeit mit den Abfallverbänden den Bahntransport von Abfällen weiterhin zu fördern und auszubauen. Bei dieser Auflage ist sicherzustellen, dass die Anbieter vor ihrer Offertstellung keine inhaltlichen Kenntnisse des jeweils anderen Angebotes haben.</p> <p>c) UVP-pflichtige Vorhaben und Auflageprojekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Das ANU wird beauftragt, im Baubewilligungsverfahren von UVP-pflichtigen Vorhaben einen Mindestanteil Bahntransport (bei Transporten von Aushub, Abfällen, Rückbau- oder Baumaterialien) festzulegen, solange dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist und damit die Umweltbelastung in einer Gesamtbetrachtung verringert werden können. ▪ Im Fall von Auflageprojekten des Bundes wird das ANU beauftragt, im Anhörungsverfahren einen Mindestanteil Bahntransport zu fordern. 	
<p>Ziel</p> <p>Reduktion der Emissionen von Luftschadstoffen bei Abfall-, Baustellen- und anderen Gütertransporten durch Erhöhung des Anteils an Kombiverkehr.</p>	
<p>Kontext</p> <p>Schwere Nutzfahrzeuge tragen wesentlich zu den Emissionen an NO_x, PM10 und Dieseleruss im Strassenverkehr bei. Der Transport von Abfällen und Baumaterialien macht dabei einen grossen Anteil der Fahrleistung aus. Durch eine Verlagerung des Transports von der Strasse auf die Schiene können diese Emissionen reduziert werden. Da neue LKWs verschärfte Grenzwerte einhalten müssen, ist in Zukunft auch beim Transport auf der Strasse eine Reduktion der durchschnittlichen Emissionen pro gefahrene Kilometer zu erwarten. Das Reduktionspotenzial dieser Massnahme im Vergleich zu Referenzentwicklung nimmt somit im Laufe der Zeit ab.</p>	
<p>Wirkungen</p> <p>Die Wirkung der Massnahme wird auf Basis der folgenden Annahmen quantifiziert:</p> <p>a) 1 grosses Bauvorhaben pro Jahr 10'000 m³ Aushub, 40 km pro Fahrt in GR, b) 10'000 t pro Jahr Siedlungsabfallimport, 15 t pro LKW und 30 km in GR c) 1 grosses Bauvorhaben pro Jahr 10'000 m³ Aushub, 40 km pro Fahrt in GR</p> <p>Durch die Verlagerung von Gütertransporten auf die Schiene können zudem die CO₂-Emissionen reduziert werden. Die Massnahme weist somit Synergien mit der Klimastrategie des Kantons auf. Eine Reduktion des MIV reduziert zudem die NO_x-Emissionen. NO_x ist eine Vorläufersubstanz von Ozon und somit reduziert diese Massnahme indirekt auch die Bildung von Ozon.</p>	

V3 Ökologische Gütertransporte		
Schadstoff	Relative Reduktion¹⁷ in %	Absolute Reduktion
NH ₃	-0.1 %	0.00 t/a
NMVOG	-0.1 %	-0.11 t/a
NO _x	-0.1 %	-0.44 t/a
PM exhaust	-0.1 %	-0.02 t/a
PM non exhaust	-0.1 %	-0.02 t/a
Kosten/Nutzen		
<p>Der Vollzug wird im Rahmen des bestehenden Stellenetats des ANU durchgeführt. Es entstehen somit keine zusätzlichen Kosten für die öffentliche Hand. Bei der Privatwirtschaft entstehen Umstellungskosten. Dank der Reduktion der verkehrsbedingten Emissionen reduzieren sich die Immissionen insbesondere an stark befahrenen Verkehrsachsen. Die Massnahme trägt dazu bei, die Gesundheitskosten zu reduzieren, die durch Luftverschmutzung verursacht werden (Atemwegserkrankungen). Zudem leistet diese Massnahme einen Beitrag zum Klimaschutz.</p> <p>Die Kosteneffizienz der Massnahme kann kaum zuverlässig beziffert werden, sowohl Reduktionswirkung als auch Kosten sind mit sehr grossen Unsicherheiten behaftet.</p>		
VOLLZUG		
Zuständige Behörde	Beteiligte Stellen	
Amt für Natur und Umwelt (ANU)	Amt für Energie und Verkehr (AEV)	
Umsetzung		
laufende Umsetzung		
Fristen		
laufende Umsetzung		
Rechtsgrundlagen		
National: Art. 11 Abs. 3 i.V.m. Art. 12 Abs. 1 lit. b USG, Art. 10b Abs. 2b USG		
Kantonal: Art. 41 ^{bis} Abs.2 und Art. 42 Abs. 1 KV; Art. 34 KUSG, Art. 5 Abs. 1 AnG; Art. 46 und 48 KRG i.V.m. Art. 45 ff KRVO, GöV; Art. 15 Abs. 2 SubG		
ERFOLGSKONTROLLE		
Umsetzungskontrolle		
Die Umsetzungskontrolle konzentriert sich auf die Güterverkehrsfahrten und deren Zusammensetzung.		
a) Modal-Split bei grossen Bauvorhaben bezüglich Verkehrsträger (Schiene, Strasse) nach Leistung (tkm)		
b) Modal-Split bei Abfalltransporten bezüglich Verkehrsträger (Schiene, Strasse) nach Leistung (tkm)		
c) Erfüllungsgrad Modalsplit-Vorgaben bei UVP-pflichtigen Anlagen und Auflageprojekten		
d) Gesamtverkehrsleistung Güterverkehr per Bahn in tkm und Modal-Split bezüglich Verkehrsträger (Schiene, Strasse)		
Wirkungskontrolle		
Die Wirkungskontrolle erfolgt über den kantonalen Emissionskataster.		

¹⁷ Reduktion relativ zu den Emissionen der von der Massnahme betroffenen Fahrzeugkategorien (Lieferwagen und Lastwagen) im Jahr 2015.

6.2.4. V4 Veloverkehr

V4 Veloverkehr	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
Emittentengruppe: Verkehr	Typ: Kantonale Massnahme
<p>Beschreibung</p> <p>a) Die Fachstelle Langsamverkehr (TBA) wird beauftragt, im Rahmen der Förderung des Langsamverkehrs die Pendlerinteressen in besonderem Masse wahrzunehmen. In Zusammenarbeit mit den Gemeinden in Velopendlerdistanz von Zentren soll geprüft werden, welche Verbindungen sinnvollerweise ausgebaut werden.</p> <p>b) Die Fachstelle Langsamverkehr (TBA), das Gesundheitsamt (GA) und das Amt für Natur und Umwelt (ANU) werden beauftragt, die Arbeitspendler für die Benutzung des Fahrrades auf Kurzdistanzen anstelle des motorisierten Individualverkehrs zu sensibilisieren.</p> <p>c) Das Hochbauamt (HBA) wird beauftragt, bei den Dienststellen der kantonalen Verwaltung die Abstellmöglichkeiten für Velos auf ihre Lage zu den Arbeitsplätzen und auf ihre Qualität (Abdeckung, Abschlussmöglichkeiten) zu prüfen.</p> <p>d) Öffentlichkeitsarbeit zur Steigerung des Veloanteils am Alltagsverkehr: Folgende Massnahmenbereiche sind denkbar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bewusstsein schaffen und Image steigern durch wiederholte Plakat- oder Medienkampagnen. ▪ Motivation der Velofahrer durch Goodwill-Aktionen am Radweg (z.B. Verteilen von Giveaways als Dankeschön). ▪ Durchführen von Events zum Aufbau einer lokalen Radkultur (Ausfahrten, Reparatur-/Putz-Aktionen). 	
<p>Ziel</p> <p>Durch den Ausbau des Langsamverkehrs wird eine Reduktion des motorisierten Individualverkehrs angestrebt. Dies führt zu einer Reduktion der Luftschadstoffe NO_x und PM10 sowie des Klimagases CO₂.</p>	
<p>Kontext</p> <p>Der Langsamverkehr macht rund 8 % des Alltagsverkehrs im Kanton Graubünden aus (ARE 2012). Durch eine Attraktivitätssteigerung im Bereich des Langsamverkehrs kann der Anteil des motorisierten Individualverkehrs am gesamten Verkehrsaufkommen reduziert werden. Dazu sind ein Ausbau des Langsamverkehrsnetzes und Sensibilisierungsmassnahmen erforderlich. Eine sichere und komfortable Infrastruktur für Velofahrende ist zudem eine unabdingbare Voraussetzung dafür, dass das Velo im Alltagsverkehr (Arbeitsweg, Einkaufen, Wege zu Freizeitaktivitäten) genutzt wird. Gut ausgebaute Infrastruktur reicht aber nicht aus, um den Anteil des Fahrrades am Alltagsverkehr massgeblich zu steigern. Dazu ist eine Bewusstseinsänderung bei den Verkehrsteilnehmern erforderlich. Mit zielgruppenspezifischem eigentlichem Marketing soll Freude am Velofahren im Alltag vermittelt werden.</p>	
<p>Wirkungen</p> <p>Aufgrund der geplanten Massnahmen ist eine Reduktion des motorisierten Individualverkehrs zu erwarten. Dadurch können die verkehrsbedingten Luftschadstoffemissionen reduziert werden. Durch die Reduktion des MIV können zudem die CO₂-Emissionen reduziert werden. Die Massnahme weist somit Synergien mit der Klimastrategie des Kantons auf. Eine Reduktion des MIV reduziert zudem die NO_x-Emissionen. NO_x ist eine Vorläufersubstanz von Ozon und somit reduziert diese Massnahme indirekt auch die Bildung von Ozon.</p>	

V4 Veloverkehr			
	Schadstoff	Relative Reduktion ¹⁸ in %	Absolute Reduktion (2020)
	NH ₃	-1%	-0.6 t/a
	NMVOC	-1%	-2.7 t/a
	NO _x	-1%	-5.4 t/a
	PM exhaust	-1%	-0.1 t/a
	PM non exhaust	-1%	-0.6 t/a
Kosten/Nutzen			
Diese Massnahme ist mit keinen zusätzlichen Kosten verbunden. Sie wird im Rahmen der bestehenden Kapazitäten umgesetzt. Die Kosteneffizienz der Massnahme kann daher nicht beziffert werden.			
VOLLZUG			
Zuständige Behörde		Beteiligte Stellen	
Tiefbauamt (TBA), Fachstelle Langsamverkehr		Hochbauamt (HBA)	
Umsetzung			
a-c) Tiefbauamt			
d) Gemeinden, mit Werbeagentur			
Fristen			
Laufende Umsetzung			
Vollzugaufwand			
Die Massnahme wird im Rahmen der bestehenden Kapazitäten umgesetzt.			
Rechtsgrundlagen			
National: Art. 6 StrG, Art. 31 StrV, Art. 6 USG			
Kantonal: -			
ERFOLGSKONTROLLE			
Umsetzungskontrolle			
Indikatoren:			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Velowege (in km) ▪ Anzahl „Bike to work“-Kampagnen ▪ Anzahl "Bike to school"-Kampagnen ▪ Anzahl Veloabstellplätze bei kantonseigenen Verwaltungsgebäuden ▪ Anzahl Kampagnen zur Steigerung des Veloanteils am Alltagsverkehr 			
Wirkungskontrolle			
Die Wirkungskontrolle erfolgt über den kantonalen Emissionskataster.			

¹⁸ Reduktion relativ zu den Emissionen der von der Massnahme betroffenen Fahrzeugkategorien (PW, Linienbusse, Motorräder) im Jahr 2015.

6.2.5. V5 Absenkpfad von Treibstoffverbrauch und Emissionen der kantonalen Personenwagenflotte

V5 Kontinuierliche Reduktion der fossilen Treibstoffe und der Emissionen von Schadstoffen und Treibhausgasen der Personenwagenflotte der kantonalen Verwaltung mittels Absenkpfad	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
Emittentengruppe: Verkehr	Typ: Kantonale Massnahme
<p>Beschreibung</p> <p>Die Flottenbesitzer der kantonalen Verwaltung werden angewiesen, den jährlichen Verbrauch an fossilen Treibstoffen der kantonalen Personenwagenflotte bis 2029 zu halbieren und damit den Ausstoss an Treibhausgasen und Luftschadstoffen um mindestens 40 % zu reduzieren. Dies soll mittels eines Absenkpfad bei dem Verbrauch von fossilen Treibstoffen der kantonalen Personenwagenflotte von 5 % jährlich auf der Basis von 2017 erreicht werden. Die Definition von konkreten Massnahmen zur Umsetzung des Absenkpfad geschieht im Rahmen des Betrieblichen Mobilitätsmanagements (BBM). Im Zusammenhang mit dem motorisierten Geschäftsverkehr stehen im Vordergrund der Ersatz von fossil betriebenen Fahrzeugen durch Elektrofahrzeuge, das Umsteigen auf den öffentlichen Verkehr und das Benutzen des Fahrrades auf Kurzstrecken.</p>	
<p>Ziel</p> <p>Substantieller Beitrag zur Reduktion der Treibhausgase und der Luftschadstoffe einerseits durch sukzessive Umstellung der kantonalen Personenwagenflotte auf umweltfreundliche Antriebssysteme und andererseits durch Reduktion der jährlichen Kilometerleistung des motorisierten Geschäftsverkehrs, indem der öffentliche Verkehr vorrangig und auf Kurzstrecken das Fahrrad benutzt wird.</p>	
<p>Kontext</p> <p>Die kantonale Verwaltung des Kantons Graubünden hat eine Vorbildfunktion. Durch den vermehrten Einsatz von Fahrzeugen mit umweltfreundlichen Antriebssystemen können fossile Treibstoffe (Benzin und Diesel) sowie Energiekosten eingespart und der Ausstoss des Treibhausgases CO₂, der Luftschadstoffe NO_x und Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}) deutlich gesenkt werden.</p> <p>Seit fünf Jahre wird der Treibstoffverbrauch der Personen- und Lieferwagenflotte der kantonalen Verwaltung mittels der web-basierten Applikation eco-fleet erfasst und ausgewertet. Die in eco-fleet erfasste Flotte umfasst seit 2014 knapp 450 Fahrzeuge (70 % Personenwagen PW, 30 % Lieferwagen LW), mit welchen 2017 knapp 7.5 Millionen Kilometer gefahren und knapp 700'000 Liter Treibstoff (74 % Diesel, 26 % Benzin; 60 % durch PW, 40 % durch LW) verbraucht wurden, was einer Zunahme der Kilometerleistung seit 2014 von 2.4 % entspricht bei gleichbleibendem Gesamtverbrauch. Dies entspricht einem jährlichen Ausstoss von knapp 1760 Tonnen CO₂, 5.5 Tonnen NO_x und rund 130 kg Feinstaub (PM₁₀).</p> <p>Der durchschnittliche Verbrauch (l/100 km) und der durchschnittliche CO₂-Ausstoss (g/km) pro Fahrzeug ist zwar von 2013 bis 2017 um jährlich 0.7 % gesunken. Diese Verbesserung auf der Fahrzeugseite wurde jedoch durch die jährliche Zunahme der Kilometerleistung kompensiert. Zudem ist die geringe jährliche Reduktionsrate beim durchschnittlichen Verbrauch auf die Altersstruktur der Fahrzeuge zurückzuführen: Die PW der kantonalen Verwaltung werden im Mittel 6 bis 7 Jahre, die LW zwischen 10 und 12 Jahre alt resp. nach dieser Einsatzzeit ersetzt.</p> <p>Um 50 % des Verbrauchs von fossilen Treibstoffen zu reduzieren, müssen auch rund 50 % der Fahrzeuge durch solche mit umweltfreundlichen Antriebssystemen ersetzt werden. Aufgrund der Altersstruktur der Fahrzeuge dürfte es ca. 10 Jahre dauern bis dies erreicht werden kann. Deshalb scheint es auch sinnvoll, eine Treibstoffreduktion von 50 % auf der Basis von 2017 auf zehn Jahre von 2019 bis 2029 anzulegen, was im Mittel der angestrebten, jährlichen Reduktion von 5 % entspricht.</p> <p>Diese Reduktion kann einerseits über den Verbrauch an fossilen Treibstoffen und andererseits über das Benutzerverhalten gesteuert werden. Deshalb müssen Ressourcen- und Energieeffizienz zu massgebenden Aspekten bei der Beschaffung von Fahrzeugen werden, indem bestehende Fahrzeuge sukzessive durch Fahrzeuge mit niedrigem Verbrauch oder durch Fahrzeuge, die beispielsweise mit Biogas oder mit Strom</p>	

V5 Kontinuierliche Reduktion der fossilen Treibstoffe und der Emissionen von Schadstoffen und Treibhausgasen der Personenwagenflotte der kantonalen Verwaltung mittels Absenkpfad

angetrieben werden, ersetzt werden. Das Benutzerverhalten muss dahingehend verbessert werden, dass auf Kurzstrecken konsequent das Fahrrad oder der öffentliche Verkehr genutzt wird. Geschäftsreisen sind ebenfalls, wenn möglich und sinnvoll, mit dem öffentlichen Verkehr abzuwickeln.

Dass diesbezüglich erhebliches Potenzial besteht, hat die Umfrage bei den kantonalen Angestellten zu deren Mobilitätsverhalten beim Geschäfts- und Pendlerverkehr sowie die Fahrtenanalyse beim ANU und TBA gezeigt. Gemäss Umfrage ist rund die Hälfte der Befragten dienstlich unterwegs – im Durchschnitt neun Mal pro Monat. Dabei stellt das Auto das meist-genutzte Verkehrsmittel in jedem räumlichen Kontext dar. Für Orte ausserhalb der Arbeitsplatzgemeinde wird sehr häufig (90 %) das Auto genutzt, aber auch innerhalb der Arbeitsplatzgemeinde nutzen 66 % derjenigen Personen, die geschäftlich unterwegs sind, das Auto.

Dieser Befund wird durch die Fahrtenanalyse beim ANU und TBA gestützt. Bei knapp 60 Dienstfahrzeugen (nur PW!) wurde mittels GPS-Tracking die Anzahl Fahrten pro Fahrzeug und Tag resp. die Distanzen, welche pro Fahrt zurückgelegt werden, ermittelt. Dabei stellte sich heraus, dass über 70 % aller Personenwagenfahrten unter 100 Kilometer und bis zu 40 % unter 5 Kilometer sind. Zudem zeigte die Auswertung, dass nicht alle Fahrten auf Vierradantrieb angewiesen waren, wobei in dieser Betrachtung der Winterdienst nicht berücksichtigt werden konnte.

Aus der Fahrtenanalyse lässt sich schliessen, dass ohne Abstriche bei Erreichbarkeit und Sicherheit problemlos 50 % der Fahrzeuge elektrifiziert werden können und damit die Ziele der vorliegenden Massnahme erreicht werden können. Denn Elektrofahrzeuge weisen heute eine Reichweite von über 200 Kilometer auf. Zudem ist es absehbar, dass in wenigen Jahren auch vierradbetriebene Elektrofahrzeuge auf den Markt kommen werden. Bis dahin können mit bestehenden Fahrzeugen mit Vierradantrieb allfällige Engpässe resp. Sicherheitsdefizite während des Winters aufgefangen werden. Zusätzlich bestehen ja auch nach Umsetzung des Absenkpfadens rund 50 % der Fahrzeugflotte aus fossil betriebenen Fahrzeugen, die standardmässig mit Vierradantrieb ausgerüstet werden können.

Obige Ausführungen treffen hauptsächlich auf PW zu. Bei LW besteht momentan kein oder nur ein kleines Angebot an Fahrzeugen mit umweltfreundlichen Antriebssystemen und Vierradantrieb. Da TBA und KAPO auf derartige Fahrzeuge angewiesen sind, ist der Absenkpfad vorläufig auf Personenwagen beschränkt. Unabhängig davon muss aber auch bei der Beschaffung von LW die Ressourcen- und Energieeffizienz ein massgeblicher Aspekt werden.

Wirkungen

Der Absenkpfad beim Treibstoffverbrauch von jährlich 5 % hat die Konsequenz, dass bei Ersatz- oder Neubeschaffungen Fahrzeuge mit umweltfreundlichen Antriebssystemen den Vorrang haben. Im Vordergrund stehen Fahrzeuge mit Elektroantrieb. Wird der Strom zu 100 % aus erneuerbaren Quellen bezogen, so reduziert sich bei Umsetzung des Absenkpfadens der Ausstoss an Treibhausgasen und Luftschadstoffen ebenfalls um jährlich 5 %, sofern die Kilometerleistung unverändert bleibt. Das heisst, es werden weiterhin jährlich 5.2 Millionen Kilometer durch PW zurückgelegt. Geht man jedoch von einem CH-Strommix aus, so ist die Reduktion geringer. Die Angaben in der nachfolgenden Tabelle berücksichtigen diesen Sachverhalt, indem der niedrige Wert des angegebenen Bereichs den CH-Strommix und der hohe Wert den Strom aus 100 % erneuerbaren Quellen repräsentiert.

Schadstoff	Relative Reduktion in %	Absolute Reduktion
CO ₂	-4 bis -5 %	-46 bis -54 t/a
NO _x	-4.7 bis -5 %	-130 bis -137 kg/a
PM10 exhaust	-4.6 bis -5 %	-1.8 bis 2.1 kg/a

(Annahme: Kilometerleistung bleibt konstant bei 5.2 Millionen km/a und die 5 % Reduktion des Verbrauchs an fossilen Treibstoffen werden 1:1 durch Strom substituiert.)

Kosten/Nutzen

Mit der Beschaffung von energieeffizienten Fahrzeugen werden nicht nur Ressourcen geschont, sondern auch die Wirtschaftlichkeit verbessert. Unter der Annahme, dass Elektrofahrzeuge beschafft werden, dürf-

V5 Kontinuierliche Reduktion der fossilen Treibstoffe und der Emissionen von Schadstoffen und Treibgasen der Personenwagenflotte der kantonalen Verwaltung mittels Absenkpfad	
<p>ten sich die Energiekosten um jährlich zwischen 3 bis 4 % senken. In der Anschaffung sind Elektrofahrzeuge oder Fahrzeuge mit alternativen Antriebsystemen zwar teurer als fossil betriebene Fahrzeuge, was bei der Budgetierung berücksichtigt werden muss. Service und Unterhalt sind dagegen günstiger. Studien zeigen, dass beim TCO-Wert (TCO = <i>Total Cost of Ownership</i>) die ersten fünf Jahre die fossil betriebenen Fahrzeuge besser abschneiden, ab sechs Jahren haben die Elektrofahrzeuge die Nase vorn. Diese Massnahme dürfte somit über die Dauer von 10 Jahren mit keinen zusätzlichen Kosten verbunden sein. Sie wird im Rahmen der bestehenden Kapazitäten und Budgetmittel umgesetzt.</p>	
VOLLZUG	
<p>Zuständige Behörde ANU</p>	<p>Beteiligte Stellen Alle Dienststellen mit eigener Personen- und Lieferwagenflotte.</p>
<p>Umsetzung Die Umsetzung der Massnahme erfolgt im Rahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagements (BMM). Um den Geschäftsverkehr sowie den Pendlerverkehr der Mitarbeitenden der kantonalen Verwaltung möglichst umweltverträglich zu gestalten, hat die Regierung das BVFD und das EKUD beauftragt, ein betriebliches Mobilitätsmanagement (BMM) für die Kantonsverwaltung zu erarbeiten. Im dazu gehörenden Mobilitätskonzept und Flottenmanagement sind die Vorgaben von Massnahme V5 resp. der Absenkpfad beim fossilen Treibstoffverbrauch umzusetzen.</p>	
<p>Fristen 2029</p>	
<p>Vollzugsaufwand Die Massnahme wird im Rahmen der bestehenden Kapazitäten vollzogen.</p>	
<p>Rechtsgrundlagen / Vorgaben National: Art. 1 Abs. 2 USG (Vorsorgeprinzip) und Art. 11 Abs. 1 USG (Prinzip der Begrenzung an der Quelle) Kantonal: Klimastrategie, Handlungsschwerpunkte 1 und 2 (Regierungsbeschluss vom 2. Juni 2015, Protokoll Nr. 508).</p>	
ERFOLGSKONTROLLE	
<p>Umsetzungs- und Wirkungskontrolle Indikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anzahl Fahrzeuge der kantonalen Fahrzeugflotte (PW und LI) ▪ Jährliche Kilometerleistung der Fahrzeugflotte ▪ Jährlicher Gesamtverbrauch an fossilen Treibstoffen (Diesel und Benzin) ▪ Jährlicher Gesamtausstoss an CO₂, NO_x und PM10 ▪ Durchschnittlicher CO₂-Ausstoss pro Fahrzeug der kantonalen Flotte 	
<p>Wirkungskontrolle Die Wirkungskontrolle erfolgt über eco-fleet oder durch ein gleichwertiges Flottenverwaltungstool im Rahmen des noch einzuführenden Flottenmanagements.</p>	

6.3. Industrie

6.3.1. IG1 VOC-Emissionen aus Industrie und Gewerbe

IG1 VOC-Emissionen aus Industrie und Gewerbe							
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG							
Emittentengruppe: Industrie	Typ: Kantonale Massnahme						
<p>Das Amt für Natur und Umwelt (ANU) wird angewiesen, folgende Massnahmen weiterhin zu vollziehen:</p> <p>a) Bei bestehenden Anlagen, die mehr als 2 Tonnen VOC pro Jahr emittieren, sind die Emissionen nach dem Stand der Technik zu reduzieren. Die Anlageninhaber werden verpflichtet Vorschläge auszuarbeiten, wie sie den VOC-Ausstoss reduzieren können und welche Einsparungen damit verbunden sind. Es wird eine durchschnittliche Reduktion der Schadstofffrachten um 50 % angestrebt.</p> <p>b) Bei der Planung von neuen Anlagen muss eine Abschätzung der zu erwartenden Emissionen mit Hilfe einer Emissionserklärung vorgenommen werden. Die neuen Anlagen, die voraussichtlich mehr als 2 Tonnen VOC pro Jahr emittieren, müssen die Emissionen über das Mass der Vorsorge hinaus reduzieren. Die Anlageninhaber müssen dabei einen Vorschlag ausarbeiten, wie sie den VOC-Ausstoss reduzieren können und welche Einsparungen damit verbunden sind. Es wird eine durchschnittliche Reduktion der Schadstofffrachten um 50 % angestrebt.</p>							
Ziel							
Die Emissionen besonderes schädlicher organischer Verbindungen sollen bei Grosseemittenten reduziert werden.							
Kontext							
<p>Lösungsmittel-Anwendungen in Industrie und Gewerbe verursachen im Kanton GR 60 % bis 70 % der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen. Der Bund hat mit der VOC-Lenkungsabgabe ein Instrument geschaffen, mit dem in den vergangenen Jahren bedeutende Emissionsreduktionen erzielt werden konnten. Da die VOC-Emissionen aber immer noch zu hoch sind, braucht es weitere Massnahmen. Betriebe, die grosse Mengen besonders schädlicher VOC emittieren, sollen verpflichtet werden, weitergehende Minderungen nach dem Stand der Technik umzusetzen. Solche Grosseemittenten mit hohen Abgasvolumenströmen können trotz VOC-Abgabe und trotz Einhaltung der vorsorglichen Emissionsbegrenzungen der LRV erhebliche Schadstofffrachten ausstossen. Bei solchen Anlagen ist es daher angezeigt, alle technischen und betrieblichen Massnahmen nach dem Stand der Technik im fortschrittlichen Sinn umzusetzen.</p>							
Wirkungen							
<p>Vermiedene VOC-Emissionen dienen teils direkt dem Schutz der öffentlichen Gesundheit, soweit es sich um giftige oder krebserzeugende VOC handelt. VOC-Komponenten sind zudem Vorläufer für die Bildung von Ozon in der Atmosphäre, das seinerseits die Gesundheit beeinträchtigt und Vegetation schädigt.</p> <p>Für eine Abschätzung der Wirkung werden die NMVOC Emissionen der grössten industriellen Einzelquellen betrachtet. Diese emittieren im Jahr 2015 ca. 50 t. Wenn diese die angestrebte Reduktion um 50 % erreichen, und unter der konservativen Annahme, dass damit bereits das gesamte Reduktionspotenzial des ganzen Kantons ausmachen, können die Emissionen um 25 t gesenkt werden.</p>							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Schadstoff</th> <th>Relative Reduktion in %</th> <th>Absolute Reduktion</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NMVOC</td> <td>-1 % pro Jahr</td> <td>-25 t pro Jahr</td> </tr> </tbody> </table>		Schadstoff	Relative Reduktion in %	Absolute Reduktion	NMVOC	-1 % pro Jahr	-25 t pro Jahr
Schadstoff	Relative Reduktion in %	Absolute Reduktion					
NMVOC	-1 % pro Jahr	-25 t pro Jahr					
Kosten/Nutzen							
Diese Massnahme hat keine direkten Kosten für die kantonale Verwaltung zur Folge.							
VOLLZUG							
Zuständige Behörde Amt für Natur und Umwelt (ANU)	Beteiligte Stellen keine						

IG1 VOC-Emissionen aus Industrie und Gewerbe
<p>Umsetzung Die Massnahme wird im Rahmen des Vollzugs der LRV umgesetzt.</p>
<p>Fristen keine</p>
<p>Vollzugaufwand Die Massnahme wird im Rahmen der bestehenden Kapazitäten umgesetzt.</p>
<p>Rechtsgrundlagen National: Art. 44a USG; Art. 5, 7, 8, 9, 10, 31, 32 und 34 Abs. 1 LRV; Art. 9 VOCV Kantonal: -</p>
<p>ERFOLGSKONTROLLE</p>
<p>Umsetzungskontrolle Anteil bestehender Anlagen, welche die Grenzfrachten einhalten.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduktion von VOC-Emissionen bei Neuanlagen infolge verschärfter Emissionsgrenzwerte. ▪ Anteil Neuanlagen, in welchen die Reinigungsarbeiten in geschlossenen Anlagen ausgeführt werden und deren Abluft gefasst und gereinigt wird.
<p>Wirkungskontrolle Die Wirkungskontrolle erfolgt über den kantonalen Emissionskataster.</p>

6.3.2. IG2 Partikelemissionen von Arbeitsmaschinen

Die per 1. Januar 2017 in Kraft gesetzte europäische Verordnung (EU) 2016/1628 regelt die Emissionen von nicht für den Strassenverkehr bestimmte mobile Maschinen und ersetzt die bisherige Richtlinie 97/68/EG. Mit der Revision der LRV wurden nun per 1. Juni 2018 diese Anforderungen analog zur EU auch in der Schweiz für alle neuen, mobilen Maschinen ohne Strassenzulassung eingeführt. Die Ungleichbehandlung von Baumaschinen und anderen Maschinen, welche nicht über eine Strassenzulassung verfügen, wird mit der neuen Abgasnorm „Stufe V“ beseitigt. Mit der Abgasnorm „Stufe V“ werden alle Leistungskategorien erfasst und ein Grenzwert für die Partikelanzahl eingeführt. Die Vorschriften bewirken eine Reduktion der Feinstaubemissionen an der Quelle und eine konsequente Reduktion von krebserzeugendem Dieseleruss bei Arbeitsmaschinen in Land- und Forstwirtschaft, Industrie und Gewerbe. Mit der Übernahme der EU-Verordnung wurde das Anliegen der Massnahme IG2 grundsätzlich erfüllt. Das entsprechende Massnahmenblatt wurde daher ausser Kraft gesetzt.

6.3.3. IG3 Emissionsbegrenzung für stationäre Verbrennungsmotoren

IG3 Emissionsbegrenzung für stationäre Verbrennungsmotoren																							
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG																							
Emittentengruppe: Industrie und Gewerbe	Typ: kantonale Massnahme																						
<p>Beschreibung</p> <p>Das Amt für Natur und Umwelt (ANU) wird angewiesen, bei stationären Verbrennungsmotoren folgende Emissionsbegrenzungen sowie Ausrüstungsbedingungen anzuordnen und diese Massnahme in Anwendung von Artikel 4, 5 und 7 LRV zu vollziehen. Das ANU legt den Vollzug der Emissionskontrollen bei stationären Verbrennungsmotoren mit einer Vollzugshilfe fest (FK-050).</p> <p>Es gelten die Emissionsgrenzwerte gemäss Anhang 2 Ziff. 82 u. 83 LRV, wobei beim Dieseleruss gestützt auf das Minimierungsgebot der LRV-Grenzwert unabhängig vom Massenstrom angewendet wird.</p> <p>Holzgas wird wie Biogas behandelt (Anh. 5 Ziff. 41 Bst. d).</p> <p>Neue stationäre Verbrennungsmotoren müssen mit folgenden Minderungstechniken ausgerüstet sein.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Brennstoff / Treibstoff</th> <th>Leistung</th> <th>Minimierungstechnologie</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Erdgas/Flüssiggas</td> <td>über 50 kW FWL</td> <td>3-Weg-Katalysator*</td> </tr> <tr> <td>ARA-Klärgas</td> <td>über 100 kW FWL</td> <td>3-Weg-Katalysator*</td> </tr> <tr> <td>Biogas / Holzgas</td> <td>über 50 kW FWL</td> <td>3-Weg-Katalysator*</td> </tr> <tr> <td>Diesel</td> <td>über 50 kW FWL</td> <td>3-Weg-Katalysator* und Russpartikelfilter</td> </tr> <tr> <td>Biogas mit Zündstrahlmotor</td> <td>über 100 kW FWL</td> <td>3-Weg-Katalysator* und Russpartikelfilter</td> </tr> <tr> <td>Diesel-Notstrom unter 50 h/Jahr</td> <td>über 300 kW el. (375 kVA)</td> <td>Russpartikelfilter</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>* oder gleichwertige Technologie zur Minimierung der NO_x - Emissionen</i></p>			Brennstoff / Treibstoff	Leistung	Minimierungstechnologie	Erdgas/Flüssiggas	über 50 kW FWL	3-Weg-Katalysator*	ARA-Klärgas	über 100 kW FWL	3-Weg-Katalysator*	Biogas / Holzgas	über 50 kW FWL	3-Weg-Katalysator*	Diesel	über 50 kW FWL	3-Weg-Katalysator* und Russpartikelfilter	Biogas mit Zündstrahlmotor	über 100 kW FWL	3-Weg-Katalysator* und Russpartikelfilter	Diesel-Notstrom unter 50 h/Jahr	über 300 kW el. (375 kVA)	Russpartikelfilter
Brennstoff / Treibstoff	Leistung	Minimierungstechnologie																					
Erdgas/Flüssiggas	über 50 kW FWL	3-Weg-Katalysator*																					
ARA-Klärgas	über 100 kW FWL	3-Weg-Katalysator*																					
Biogas / Holzgas	über 50 kW FWL	3-Weg-Katalysator*																					
Diesel	über 50 kW FWL	3-Weg-Katalysator* und Russpartikelfilter																					
Biogas mit Zündstrahlmotor	über 100 kW FWL	3-Weg-Katalysator* und Russpartikelfilter																					
Diesel-Notstrom unter 50 h/Jahr	über 300 kW el. (375 kVA)	Russpartikelfilter																					
<p>Ziel</p> <p>Weitere Reduktion der Feinstaub-Emissionen an der Quelle und konsequente Reduktion von krebserregendem Dieseleruss bei stationären Verbrennungsmotoren in Industrie und Gewerbe.</p>																							
<p>Kontext</p> <p>Vollzug/Anordnung gemäss Stand der Technik. Dieselmotoren gehören sowohl bei den Stickoxiden als auch bei den Feinpartikeln (PM10 inkl. Russ) zu den bedeutendsten Quellen. Die vorsorglichen LRV-Grenzwerte bedingen die Ausrüstung von Blockheizkraftwerken mit 3-Weg-Katalysator und bei Dieselmotoren zusätzlich über 37 kW_{el.}, bzw. bei Notstromanlagen über 300 kW_{el.} mit Russpartikelfilter.</p>																							
<p>Wirkungen</p> <p>Dank dieser Massnahme werden Dieseleruss- und NO_x-Emissionen eingespart.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Schadstoff</th> <th>Relative Reduktion¹⁹ in %</th> <th>Absolute Reduktion</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dieseleruss</td> <td>0.65 % pro Jahr</td> <td>0.3 t pro Jahr</td> </tr> <tr> <td>NO_x</td> <td>0.03 % pro Jahr</td> <td>0.3 t pro Jahr</td> </tr> </tbody> </table>			Schadstoff	Relative Reduktion ¹⁹ in %	Absolute Reduktion	Dieseleruss	0.65 % pro Jahr	0.3 t pro Jahr	NO _x	0.03 % pro Jahr	0.3 t pro Jahr												
Schadstoff	Relative Reduktion ¹⁹ in %	Absolute Reduktion																					
Dieseleruss	0.65 % pro Jahr	0.3 t pro Jahr																					
NO _x	0.03 % pro Jahr	0.3 t pro Jahr																					

¹⁹ Reduktion relativ zu den Emissionen aus der Industrie im Jahr 2015.

IG3 Emissionsbegrenzung für stationäre Verbrennungsmotoren	
Kosten/Nutzen Der Vollzug erfolgt im Rahmen bestehender Personalkapazitäten. Die Kosteneffizienz der Massnahme kann nicht beziffert werden.	
VOLLZUG	
Zuständige Behörde Amt für Natur und Umwelt (ANU)	Beteiligte Stellen keine
Umsetzung laufende Umsetzung	
Fristen Für neue Anlagen gilt die Massnahme zur Abgasbehandlung mit 3-Weg-Katalysator bzw. Russpartikelpflicht ab Inkrafttreten des Massnahmenplans. Sanierungsfristen für bestehende Anlagen: a) Stationäre Verbrennungsmotoren (BHKWs), bzw. Anlagen mit über 50 Betriebsstunden pro Jahr, innert 5 Jahren nach Inkrafttreten der Massnahme. b) Notstromanlagen innert 10 Jahren nach Inkrafttreten der Massnahme.	
Vollzugaufwand Für den Kanton entstehen lediglich Kosten für die Umsetzungskontrolle.	
Rechtsgrundlagen National: Art 4 und 7 LRV Kantonal: -	
ERFOLGSKONTROLLE	
Umsetzungskontrolle Stichproben im Rahmen von Betriebskontrollen	
Wirkungskontrolle Durch die jährliche Abgaswartung (Servicemessung) und periodische Emissionsmessung (alle drei Jahre).	

6.4. Landwirtschaft

L1 Reduktion stickstoffhaltiger Emissionen aus der Landwirtschaft	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
Emittentengruppe: Landwirtschaft	Typ: Kantonale Massnahme und Antrag an den Bundesrat
Beschreibung	
<p>L1.1: Bauliche Massnahmen zur Emissionsminderung</p> <p>Bei Neubauten und Umbauten von Ställen und Güllelagern sollte künftig dem Baugesuch eine Deklaration beigelegt werden. Diese bestätigt, dass ein Spezialist (oder eine Spezialistin) die Baupläne bezüglich Reduktionsmöglichkeiten für Ammoniakemissionen geprüft hat. In der Deklaration soll bestätigt werden, dass die vorgesehenen, baulichen Massnahmen die Reduktionsmöglichkeiten optimal ausschöpfen oder aus welchen Gründen dies nicht der Fall ist. Im Minimum sind zu prüfen, ob</p> <ul style="list-style-type: none"> • der Harnabfluss rasch erfolgen kann, • das Stallklima optimiert ist, • eine Abluftreinigung erforderlich ist, • Güllelager abgedeckt sind. <p>Die zuständige Baubehörde nimmt die Deklaration zur Kenntnis. Bei Bauten ausserhalb der Bauzone können die kantonalen Behörden ggf. Auflagen verlangen. Das ALG stellt eine Musterdeklaration zur Verfügung und bezeichnet den Spezialisten.</p>	
<p>L1.2: Emissionsmindernde Lagerung und Ausbringung von Hofdünger</p> <p>a) Güllelager: Ab 2020 müssen alle Güllelager im Kanton abgedeckt sein. Bis Ende 2016 können dafür im Ressourcenprogramm Ammoniak Unterstützungsbeiträge in der Höhe von 100 Fr./m² beantragt werden.</p> <p>b) Ausbringung: Ab 2020 ist auf allen landwirtschaftlichen Nutzflächen bis 18 % Hangneigung das Ausbringen von Hofdünger nur noch mit dem Schleppschauch gestattet. Bis Ende 2016 können dafür im Ressourcenprogramm Ammoniak Unterstützungsbeiträge in der Höhe von 45 Fr./ha beantragt werden. Nach Ablauf des Ressourcenprogramms besteht die Möglichkeit, beim Bund Ressourceneffizienzbeiträge (REB) zu beantragen (30 Fr./ha), befristet auch sechs Jahre.</p>	
<p>L1.3: Reduktion des Eiweissgehalts bei Futtermitteln</p> <p>Bei Milchkühen und Rindvieh kann die Ausscheidung von Stickstoff durch die Wahl der Futtermittel verringert werden. Kontrollparameter bei Milchkühen ist die Harnstoff-Konzentration in der Milch. Aus Gründen der Emissionsreduktion und der Tiergesundheit ist bei Milchkühen ein Wert von 25 mg/100 g Milch anzustreben (bisher teils über 30 mg/100 g). Die Massnahme umfasst:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausarbeiten und Verteilen einer Fütterungsempfehlung durch den Plantahof in Zusammenarbeit mit dem ALG, mit dem Institut für Agrarwissenschaften der ETH Zürich und der HAFL in Zollikofen sowie der landwirtschaftlichen Beratungszentrale agridea. • Antrag an den Bundesrat, die Umstellung der Fütterung mit REB zu fördern. 	
<p>L1.4: Information, Ausbildung</p> <p>In der Landwirtschaftsausbildung und in der Landwirtschaftsberatung soll das Thema „Stickstoff-Management“ künftig stärker gewichtet werden. Dabei sollen die Problematik vermittelt und Produktionsarten vorgestellt werden, mit denen Stickstoffverluste in Luft, Gewässer und Böden vermieden und die Stickstoffeffizienz erhöht werden können.</p>	
<p>Ziel</p> <p>Die Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung im Kanton Graubünden sollen bis 2020 um 8 % gegenüber dem Zustand 2005 gesenkt werden in Analogie zum gesamtschweizerischen Emissionsreduktionsziel Ammoniak gemäss revidiertem Göteborg-Protokoll.</p>	

L1 Reduktion stickstoffhaltiger Emissionen aus der Landwirtschaft

Kontext

Seit Beginn der 90er Jahre konnten dank zahlreicher Massnahmen des Bundes und der Kantone die Emissionen stickstoffhaltiger Luftschadstoffe (NO_x, NH₃) und Klimagase (N₂O) aus Industrie, Verkehr und Feuerungsanlagen in bedeutendem Mass reduziert werden, so dass 95 % der Ammoniakemissionen im Kt. GR heute aus der Landwirtschaft stammen (2015).

Wirkungen

Die Wirkungen der Einzelmassnahmen wurden mit Hilfe des Agrammon Regionalmodells (www.agrammon.ch) von der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften in Zollikofen (BE) berechnet. Die Daten zum Tierbestand und den Betriebsformen stammen vom ALG. Die Ergebnisse sind in einem internen Bericht des ANU dokumentiert (HAFL 2015).

Bauliche Massnahmen zur Emissionsminderung:

Pro Jahr erfolgt der Neu- oder Umbau von ca. 20 Mutterkuh- und Milchviehställen, in denen Böden mit raschem Harnabfluss installiert und das Stallklima verbessert werden kann mit einer mittleren Grösse zwischen 30 und 35 GVE. Wenn ab 2017 die Umsetzung solcher Systeme möglich ist, und die Emissionsminderung pro Umbau 50 % beträgt, lassen sich 2020 (die eingesparten Emissionen kumulieren sich von Jahr zu Jahr) ca. 17 t NH₃ reduzieren.

Emissionsmindernde Ausbringung:

- Abdeckung Güllelager: Unter der Annahme, dass sämtliche offenen Güllelagerbehälter, welche 2 % des gesamten Lagervolumens ausmachen, mittels Schwimmfolie abgedeckt werden, können ca. 20 t NH₃ Emissionen eingespart werden.
- Emissionsmindernde Ausbringtechniken: Das Reduktionspotenzial wird auf 107 t NH₃ pro Jahr geschätzt.

Reduktion des Eiweissgehalts bei Futtermitteln:

Es wurde angenommen, dass sämtliche Betriebe mit Milchkühen mit einer Optimierung des Energie- und Proteingehalts in der Ration den Harnstoffgehalt der Milch um 2.5 mg/Liter senken können. Danach erfolgte basierend auf den Daten zur Milchleistung und Fütterung sowie Bracher (2011) die Herleitung eines Ausgangswerts für den Milch Harnstoffgehalt von 28.75 mg/Liter sowie eines Zielwerts von 26.25 mg/Liter. Die Umsetzung bewirkt im Emissionsmodell eine Reduktion der N-Ausscheidung von Milchkühen um 6 %. Dies entspricht einer Reduktion von ca. 70 t NH₃ pro Jahr. Man beachte, dass diese Reduktion in den oben genannten Reduktionen „Bauliche Massnahmen“ und „Emissionsmindernde Ausbringung“ enthalten ist.

Massnahme	Reduktion rel. in % ²⁰	Reduktion abs. (2020) ²¹
L1.1 & L1.3: Bauliche Massn. (Stall) inkl. Red. Eiweissgehalt Futter	1 %	17 t
L1.2a & L1.3: Abd. Güllelager inkl. Red. Eiweissgehalt Futter	1 %	10 t
L1.2b & L1.3: Schleppschlauch inkl. Red. Eiweissgehalt Futter	5 %	100 t
Summe	7 %	127 t

Kosten/Nutzen

Einmalige Reduktion der ALG Empfehlung: Fr. 50'000.-

Mehrkosten für die Betriebe durch die Anschaffung und Unterhalt der Jaucheeinrichtungen.

Mehrkosten für die Betriebe durch teurere Futtermittel.

²⁰ Reduktion relativ zu den NH₃-Emissionen aus der Tierhaltung und Pflanzenbau im Jahr 2015. Dies ergibt ein Total von 161 t PM10/a.

²¹ Die relative Wirkung der Massnahmen wurde aus dem Bericht HAFL (2015) übernommen und auf die absoluten Zahlen des Emissionskatasters übertragen (ANU 2015d).

L1 Reduktion stickstoffhaltiger Emissionen aus der Landwirtschaft	
VOLLZUG	
Zuständige Behörde Amt für Landwirtschaft und Geoinformation (ALG)	Beteiligte Stellen Amt für Natur und Umwelt (ANU) Plantahof
Umsetzung <ul style="list-style-type: none"> • <u>Emissionsmindernde Lagerung von Hofdünger:</u> Über die Dichtigkeitskontrolle der Hofdüngeranlagen durch das ALG können die offenen Güllelager aufgenommen werden, die Auflagen verfügt werden. Das Programm ist im Jahr 2015 angelaufen und dauert bis 2020. • <u>Emissionsmindernde Ausbringung von Hofdünger:</u> Mit der Aussicht vom Bund durch Beiträge unterstützt zu werden, kann diese Massnahme in Absprache mit der Branche umgesetzt werden. Vorausgehend ist eine Machbarkeitsstudie nötig. • <u>Reduktion des Eiweissgehalts bei Futtermitteln:</u> Diese Massnahme ist von der Umsetzung des Bundes abhängig (siehe Anträge an den Bundesrat, Kapitel 5.1). 	
Fristen Ab Inkrafttreten des Massnahmenplans werden diese Massnahmen laufend umgesetzt.	
Vollzugsaufwand Die unmittelbar umsetzbaren Massnahmen führen zu geringem Mehraufwand. Zusätzlicher Einführungs-, Administrations- und Kontrollaufwand bei der Einführung der obligatorischen Ausbringung der Gülle mit dem Schleppschlauch würde eine 30 % Stelle erfordern.	
Rechtsgrundlagen National: Art. 31 LRV	
ERFOLGSKONTROLLE	
Umsetzungskontrolle <ul style="list-style-type: none"> • <u>Emissionsmindernde Lagerung von Hofdünger:</u> Über die Dichtigkeitskontrolle der Hofdüngeranlagen könnte durch das ALG die Kontrolle vorgenommen werden. • <u>Emissionsmindernde Ausbringung von Hofdünger:</u> Die Kontrolle ist sehr aufwändig. Innerhalb von vier Jahren müssten alle Flächen kontrolliert werden. Die Kontrollen müssten von den Gemeindebeauftragten übernommen werden. • <u>Reduktion des Eiweissgehalts bei Futtermitteln:</u> Die Kontrolle ist über die Treuhandstelle Milch oder über den Zuchtverband möglich. 	
Wirkungskontrolle Die Wirkungskontrolle kann über die Agrammonberechnung erfolgen.	

6.5. Querschnitt

6.5.1. Q1 Grundlagen für die Massnahmenplanung

Q1 Grundlagen für die Massnahmenplanung	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
Emittentengruppe: Alle	Typ: Kantonale Massnahme
Beschreibung a) Monitoring des Mobilitäts- und Verkehrsverhaltens Das Amt für Raumentwicklung (ARE) wird beauftragt in Zusammenarbeit mit dem Amt für Natur und Umwelt (ANU) das Mobilitäts- und Verkehrsverhalten im Kanton weiterhin zu beobachten und der Regierung Bericht zu erstatten. Zu den Aktivitäten gehören die Beteiligung an der Stichprobenerhebung „Mikrozensus Verkehrsverhalten“ des Bundes mit Verdichtung der Stichprobe für Graubünden. Ergänzend erhebt das ANU den Individual- und Geschäftsverkehr der Verwaltung und das Monitoring des Treibstoffverbrauchs der kantonalen Fahrzeugflotte.	
b) Verkehrsmodell Das ANU wird in Zusammenarbeit mit dem Tiefbauamt (TBA) beauftragt, das bestehende Verkehrsmodell für den Kanton Graubünden zu verwalten, öffentlich zugänglich zu machen und periodisch zu aktualisieren.	
c) Emissionskataster Das ANU wird beauftragt, den Luftschadstoff-Emissionskataster für den Kanton Graubünden periodisch zu aktualisieren. Neu sollen auch die Klimagasemissionen (Substanzen gemäss Art. 1 CO ₂ -Verordnung) in den Kataster aufgenommen werden, um die Wirkungen von Massnahmen zum Klimaschutz quantifizieren zu können.	
Ziel Grundlagenbeschaffung für die Umsetzung der Massnahmen im Bereich Verkehr und für die Wirkungskontrolle der Massnahmen.	
Kontext Dieses Massnahmenpaket umfasst Begleitmassnahmen, welche die notwendigen Grundlagen zur Umsetzung der spezifischen Massnahmen und für die Erfolgskontrolle schaffen. Das Verkehrsmodell und das Monitoring des Mobilitäts- und Verkehrsverhaltens dienen der Vollzugskontrolle im Bereich der Verkehrsmassnahmen. Zudem können diese Datengrundlage zur Konzipierung von gezielten Massnahmen eingesetzt werden. Der Emissionskataster dient der generellen Wirkungskontrolle.	
Kosten/Nutzen Bei diesen Teilmassnahmen entstehen im Rahmen der periodischen Aktualisierung Kosten für die zuständigen Fachstellen: a) Mobilitäts- und Verkehrsverhalten/ Mikrozensus (alle 5 Jahre): ca. Fr. 50'000.- b) Verkehrsmodell (alle 5 Jahre): ca. Fr. 200'000.- c) Emissionskataster (jährlich): ca. Fr. 50'000.- Nutzen: Dieses Massnahmenpaket umfasst Begleitmassnahmen, denen kein direkter Nutzen zugewiesen werden kann.	
VOLLZUG	
Zuständige Behörde a) Amt für Raumentwicklung (ARE) und Amt für Natur und Umwelt (ANU); b) und c) Amt für Natur und Umwelt (ANU)	
Fristen Laufende Aufgabe	
Rechtsgrundlagen a) National: Art. 11 – 18 USG, Art. 17 – 19 LRV	

6.5.2. Q2 Beschaffung in öffentlichen Verwaltungsstellen

Q2 Beschaffung in öffentlichen Verwaltungsstellen	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
Emittentengruppe: Alle	Typ: Kantonale Massnahme
Beschreibung Das Amt für Natur und Umwelt (ANU), das Tiefbauamt (TBA) und das Amt für Wald und Naturgefahren (AWN) werden beauftragt, Entscheidungsgrundlagen für die Beschaffung von neuen umweltfreundlichen Fahrzeugen und Produkten für die zuständigen Stellen bei den öffentlichen Betrieben im Falle von Ersatz- und Neuanschaffungen auf dem aktuellen Stand zu halten. Die öffentlichen Betriebe sollen sich bei der Beschaffung von Materialien, Geräten und Fahrzeugen an den Empfehlungen dieses Hilfsmittels orientieren.	
Ziel Die Kantone und die Gemeinden spielen bei der Beschaffung von Produkten und Dienstleistungen eine bedeutende Rolle. Indem sie die effizientesten und Ressourcen schonendsten Produkte und Dienstleistungen bei der Beschaffung berücksichtigen, können sie somit einen wichtigen Beitrag zum nachhaltigen Umwelt- und Klimaschutz leisten und eine Signalwirkung für private Unternehmen und Einzelpersonen liefern.	
Kontext Die öffentliche Hand soll als Vorbild auftreten und selber einen Beitrag zur Senkung der Emissionen leisten. In diesem Zusammenhang sind entsprechende Grundlagen für die Beschaffungsstellen bei den öffentlichen Betrieben auszuarbeiten. Beispiele: Fahrzeugbeschaffung, aromatenfreies Gerätebenzin inkl. Abgabe an Private und Unternehmen in ländlichen Gebieten (z.B. Misox) usw. Als Grundlage kann das Hilfsmittel „Nachhaltige Beschaffung“ des Kantons dienen.	
Kosten/Nutzen Kosten entstehen bei der Aktualisierung des Hilfsmittels (ca. alle 2 bis 3 Jahre): Fr. 10'000.- für die Erstellung von Grundlagen/Hilfsmitteln.	
VOLLZUG	
Zuständige Behörde Amt für Natur und Umwelt (ANU)	Beteiligte Stellen Amt für Wald und Naturgefahren (AWN), Hochbauamt (HBA), Tiefbauamt (TBA)
Umsetzung ANU, AWN, HBA, TBA	
Fristen Laufende Aufgabe	
Rechtsgrundlagen National: Art. 1 Abs. 2 USG (Vorsorgeprinzip) und Art. 11 Abs. 1 USG (Prinzip der Begrenzung an der Quelle) Kantonal: -	

7. Verzeichnisse

7.1. Glossar

Anfeuerung: Als Anfeuerung gelten auch Starts aus dem Glutbettunterhalt.

Automatische Beschickung: Als automatische Beschickung gilt gemäss Europäischer Norm für Heizkessel EN 303-5 Ziff. 3.25, wenn die Zufuhr des Brennstoffs leistungsabhängig durch eine automatische Einrichtung erfolgt. Sie kann kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen.

Critical Level (kritische Eintragswerte): Quantitative Beurteilung der Exposition (angegeben als Deposition pro Flächeneinheit, z.B. kg pro ha pro Jahr) gegenüber einem oder mehreren Schadstoffen, unterhalb welcher signifikante schädliche Auswirkungen auf empfindliche Elemente der Umwelt nach dem Stand des Wissens nicht vorkommen.

Critical Load (kritische Konzentrationen): Konzentrationen von Luftschadstoffen in der Atmosphäre, oberhalb derer nach dem Stand des Wissens direkte schädliche Auswirkungen auf Rezeptoren, wie Menschen, Pflanzen, Ökosysteme oder Materialien, zu erwarten sind.

Emissionen: Die direkt von der Quelle (Motoren, Fabrikationsanlagen und Heizungen) in die Umgebung (Luft, Abwasser, Boden) abgegebenen Verunreinigungen, wie beispielsweise Gase und Stäube.

Exhaust: Siehe PM10 exhaust.

Feuerungswärmeleistung (FWL): Bezeichnung für die einer Anlage zugeführte Wärme-Energie pro Zeiteinheit. Berechnung durch Multiplikation des Brennstoffverbrauchs der Anlage mit dem unteren Heizwert (Hu) des Brennstoffes.

Handbeschickung: Als Handbeschickung gilt, wenn die Zufuhr des Brennstoffs von Hand in Zeitabständen entsprechend dem Abbrand oder der Wärmeabgabe erfolgt (Ziff. 3.24 EN 303-5).

Holzzentralheizung: Als Holzzentralheizung gilt eine zentrale Heizstelle, die einen oder mehrere Räume oder Gebäude mittels Wasser als Trägermedium mit Wärme versorgt.

Immissionen: Luftschadstoffe, die auf die Umwelt einwirken (z.B. beim Einatmen oder als Deposition), werden als Immissionen bezeichnet. Gemessen werden die Konzentrationen der Schadstoffe am Ort ihres Einwirkens.

Immissions-Grenzwert (IGW): Grenzwerte für Immissionen sind in der LRV festgelegte Werte. Sie geben die maximal zulässige Belastung für ein bestimmtes Schutzziel (z.B. Gesundheit von Menschen, Bodenbelastung etc.) an.

Inversion: Kalte Luft bleibt in Alpentälern und Muldenlagen liegen. Bei einer Inversionslage nimmt die Lufttemperatur mit der Höhe zu, statt wie normal ab. Dadurch wird der Luftaustausch unterbunden und die Luftbelastung steigt.

Klimagase, Treibhausgase: Gase, welche die kurzwellige Sonnenstrahlung in der Atmosphäre durchlassen und einen Teil der Infrarotstrahlung zurückstrahlen. Die Zunahme der Konzentrationen dieser Gase in der Atmosphäre hat eine Erwärmung zur Folge.

Kritische Eintragswerte: Siehe Critical Loads.

Kritische Konzentrationen: Siehe Critical Levels.

KUSG: Einführungsgesetz zum Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 2. Dezember 2001 (Kantonales Umweltschutzgesetz; BR 820.100).

LRV: Eidgenössische Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (SR 814.318.142.1).

Masseinheiten für Schadstoffe:

mg = Milligramm 1 mg = 0.001 g

µg = Mikrogramm 1 µg = 0.000'001 g

µm = Mikrometer 1 µm = 0.001 mm

NM VOC: non methane volatile organic compounds: Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (im Bericht wird vereinfachend von flüchtigen organischen Verbindungen gesprochen).

NO_x (Gesamt-Stickoxide): Summe verschiedener Stickoxide (NO_x = NO + NO₂). Sie entstehen vor allem in Verbrennungsprozessen bei hohen Temperaturen (z.B. in Automotoren, Turbinen und Feuerungen). Zuerst wird vorwiegend Stickstoffmonoxid (NO) gebildet, welches durch Sauerstoff zum giftigen Stickstoffdioxid (NO₂) oxidiert wird. Stickoxide sind Vorläufersubstanzen der Ozonbildung. Sie tragen zudem durch Umwandlung in Nitrat zur Bildung von Säuren und sekundärem Feinstaub (PM10) bei und werden im Regen als Säure nachgewiesen.

NO, NO₂: siehe NO_x

non-exhaust: Siehe PM10 non-exhaust.

Ozon (O₃): Ist ein gasförmiger Bestandteil der Atmosphäre. Ozon ist ein Schadstoff, der erst durch eine photochemische Reaktion (unter Einwirkung von Strahlungsenergie, sprich Sonne) in der freien Atmosphäre bei vorhandenen Vorläuferschadstoffen (Stickoxide, VOC) entsteht. Ozon in bodennahen Schichten hat in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen (Sommersmog). Als Reizgas wirkt es auf Atemwege und Schleimhäute und kann allergische Reaktionen zur Folge haben. Im Gegensatz dazu ging die Ozonkonzentration in der Stratosphäre, also in ca. 20 bis 50 km Höhe, zurück. Dort wirkt die Ozonschicht als Schutz vor UV-Strahlung. Das Ozon dieser Schicht wird durch FCKW aus Spraydosen und Kältemittel abgebaut. Unter dem „Ozonloch“ (z.B. über der Antarktis und Australien) steigt das Risiko, an Hautkrebs zu erkranken. Troposphärisches Ozon wirkt als Treibhausgas. Etwa ein Drittel der bisherigen, globalen Erwärmung wird dem Ozon zugeschrieben (<http://www.ghgonline.org/otherstropozone.htm>).

PAK: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe entstehen bei der unvollständigen Verbrennung (Pyrolyse) und beim Erhitzen von organischem Material unter Luftabschluss. Sie finden sich in den Abgasen von Fahrzeugen und von Heizungen (insbesondere Kohleheizungen) und beim Wiederaufbereiten von Ausbruchsphalt. Einige PAK sind beim Menschen krebserzeugend.

ppb, ppm: Einheit für die Konzentration von Schadstoffen. Parts per billion / million: Teilchen pro Milliarde / Million Beispiel: x ppm = x Schadstoffmoleküle pro Million (10⁶) Gasmoleküle.

PM10, PM2.5: Feindisperse Schwebestoffe mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 µm respektive 2.5 µm (Mikrometer). Es handelt sich dabei um Staubteilchen, die so klein sind, dass sie bis in tiefere Lungenabschnitte vordringen und ins Blut übertreten können. Aus umfangreichen Studien sind Zusammenhänge zwischen PM10-Konzentration und Atemwegsbeschwerden /-erkrankungen erwiesen.

PM exhaust: Feinstaub-Emissionen aus Verbrennungsprozessen (exhaust engl. Auspuff).

PM non-exhaust: Feinstaub-Emissionen durch mechanische Abriebsprozesse (Pneu- und Kupplungsabrieb, Abrieb von Strassenbelägen und Eisenbahnschienen, Aufwirbelung von Staub auf trockenen Strassen und in der Landwirtschaft bei der Bodenbearbeitung und bei Erntevorgängen).

Treibhauspotenzial: Bezeichnet das globale Erwärmungspotenzial (GWP) und ist ein Mass für die klimaschädliche Wirkung eines Treibhausgases. Die Zahl gibt an, wie viel eine festgelegte Masse eines Treibhausgases zur Erwärmung der bodennahen Luftschichten beiträgt. Das Treibhauspotenzial wird relativ zur Wirkung von CO₂ als CO₂-Äquivalent angegeben. Kohlendioxid (CO₂): 1; Methan (CH₄): 25; Lachgas (N₂O): 298.

Trockener Holzbrennstoff: Als trockener Holzbrennstoff gilt: Solange der maximale Wassergehalt (% atro) bei Schnitzel den Wert von 45 % und bei Stückholz die Holzfeuchtigkeit den Wert von 20 % nicht überschreitet.

USG: Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (Umweltschutzgesetz, USG; SR 814.01).

VOC (Volatile Organic Compounds): Flüchtige organische Kohlenwasserstoffe wie z.B. das Treibmittel Butan in Spraydosen, Aceton im Nagellack, Benzin, Verdünner in Farben, Isopropanol in Scheibenreinigern. VOC gelangen durch Verdunstung in die Luft und tragen zur Bildung von Ozon bei. VOC ist die Summe aus Nicht-Methan flüchtige organische Verbindungen (NMVOC) und Methan.

Zusammensetzung PM10:²²

	Komponente	Vorläufer / Ursache
Primäre Komponenten	Russ (elementarer Kohlenstoff und primärer organischer Kohlenstoff)	Verbrennungsprozesse
	geologisches Material	Bau, Landwirtschaft, Verkehr, Wind
	Schwermetalle	Verbrennung, Produktion
	Abriebspartikel	mechanische Beanspruchung
	biologisches Material	Pilzsporen, Pflanzenfragmente
Sekundäre Komponenten	Sulfat	Schwefeldioxid
	Nitrat	Stickoxide
	Ammonium	Ammoniak
	Organisches Material (OM)	Gasförmige organische Verbindungen wie NMVOC

²² BAFU: PM Fragen und Antworten 2015 (<http://www.bafu.admin.ch/luft/00585/10761/index.html?lang=de>)

7.2. Abkürzungsverzeichnis

AEV	Amt für Energie und Verkehr
ALG	Amt für Landwirtschaft und Geoinformation
AnG	Gesetz über die Anschlussgleise
ANU	Amt für Natur und Umwelt
ARE	Amt für Raumentwicklung
AWN	Amt für Wald und Naturgefahren
AWT	Amt für Wirtschaft und Tourismus
BEG	Energiegesetz des Kantons Graubünden 820.200
Bst.	Buchstabe
BPUK	Bau-, Planungs- und Umweltdirektorenkonferenz
Cercl'Air	Vereinigung der schweizerischen Behörden- und Hochschulvertreter im Bereich der Luftreinhaltung und der nichtionisierenden Strahlung
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ eq	CO ₂ -Äquivalent
EBG	Eisenbahngesetz (SR 742.101)
EGW	Emissionsgrenzwert
EKL	Eidgenössische Kommission für Lufthygiene
exh.	exhaust (engl. für Abgas): aus Abgasen von Verbrennungsprozessen stammende Schadstoffe
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
ff	fortfolgend
FWL	Feuerungswärmeleistung
GA	Gesundheitsamt
GWP	Globales Erwärmungspotenzial
GöV	Gesetz über den öffentlichen Verkehr im Kanton Graubünden
ha	Hektare
HBA	Hochbauamt
Hu	Unterer Heizwert
IGW	Immissionsgrenzwert
i.V.m.	In Verbindung mit
KUSG	Kantonales Umweltschutzgesetz
KUSV	Kantonale Umweltschutzverordnung
KRG	Raumplanungsgesetz für den Kanton Graubünden

KRVO	Raumplanungsverordnung für den Kanton Graubünden
KV	Verfassung des Kantons Graubünden
kt	Kilotonne
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kW	Kilowatt
LRK	Luftreinhaltekonzept
LRV	Luftreinhalte-Verordnung (SR 814.318.142.1)
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MW	Megawatt
N	Stickstoff
NH ₃	Ammoniak
NMVO	Non-methane volatile organic compound
NO _x , NO ₂	Stickoxide, Stickstoffdioxid
non-exh.	non-exhaust (engl. für Nicht-Abgas): nicht aus Verbrennungsprozessen stammende Schadstoffe
O ₃	Ozon
OM	organisches Material
öV	öffentlicher Verkehr
PAK	polyzyklische, aromatische Kohlenwasserstoffe
PM10, PM2.5	Feinstaub
RB	Regierungsbeschluss
REB	Ressourceneffizienzbeiträge
RPG	Raumplanungsgesetz
StrG	Strassengesetz
StrV	Strassenverordnung
SubG	Submissionsgesetz
SubV	Sumbissionsverordnung
t	Tonne
TBA	Tiefbauamt
tkm	Tonnenkilometer
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
USG	Umweltschutzgesetz (SR 814.01)
VSS	Verein Schweizerischer Strassenfachleute
VOC	flüchtige organische Verbindungen

VOCV	Verordnung über die Lenkungsabgabe auf flüchtigen organischen Verbindungen (SR 814.018)
Ziff.	Ziffer

7.3. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Karte zeigt Gebiete (innerhalb der roten Rahmen), in denen die Bevölkerungsdichte und der Brennholzverbrauch hoch und die topografischen Gegebenheiten besonders ungünstig (mangelnde Durchlüftung in der kalten Jahreszeit) sind. Damit sind diese Gebiete für Überschreitungen der PM10-Immissionsgrenzwerte im Winter besonders exponiert. _____	10
Abbildung 2: PM10-, NO ₂ - und Ozon-Immissionen inkl. LRV-Grenzwerte (rote Striche); Ozon: der 1-h-Mittelwert darf höchstens einmal pro Jahr über 120 µg/m ³ liegen. _____	12
Abbildung 3: Abb. links: Anzahl Tage mit PM10 24-h-Mittelwert höher als 50 µg/m ³ im Jahr 2014. Abb. rechts: Trend 2007 bis 2014. Der Wert darf gemäss LRV höchstens einmal pro Jahr überschritten werden. _____	13
Abbildung 4: NH ₃ -Immissionen. „Rheintal“: Mittelwert der Stationen Malans, Zizers und Domat/Ems. „Vorderes Prättigau“: Grüşch. Linien: Mittelwerte über mehrere Stationen im OSTLUFT-Gebiet Klassifikation siehe OSTLUFT 2015. _____	14
Abbildung 5: Modellierte PM2.5-Immission 2010. Die Weltgesundheitsorganisation empfiehlt den Grenzwert von 10 µg/m ³ (WHO 2005). _____	14
Abbildung 6: Flechtenkarten 1986 und 2013 fürs Rheintal und das Misox. _____	16
Abbildung 7: Übermässige Stickstoffeinträge 2010. Die räumliche Auflösung ist 1 km ² . _____	18
Abbildung 8: Einträge von oxidierten (links) und reduzierten (rechts) Stickstoffverbindungen 2010. Die räumliche Auflösung ist 1 km ² . _____	19
Abbildung 9: Emissionen 2015 der wichtigsten Luftschadstoffe. _____	23
Abbildung 10: Saisonale Unterschiede in den PM10-Emissionen 2015. _____	23
Abbildung 11: Emissionen Kanton Graubünden 2000 bis 2020 und Ziele (vgl. Tabelle 2). _____	26
Abbildung 12: NO _x -Emissionen. _____	29
Abbildung 13: NMVOC-Emissionen. _____	30
Abbildung 14: PM10-Emissionen. _____	31
Abbildung 15: Exhaust-Fraktion der PM10-Emissionen (Dieselmotoren und Holzfeuerungen). _	33
Abbildung 16: Exhaust Fraktion der PM10-Emissionen 2015, Anteile Sommer- und Winterhalbjahr. _____	33
Abbildung 17: Ammoniak NH ₃ . _____	34
Abbildung 18: CO ₂ -Emissionen. Ziel nach Art. 3 Abs. 1 Bündner Energiegesetzes (BEG): 1 t/a pro Einwohner. _____	35

7.4. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Emissionsquellen in der Systematik des Emissionskatasters Kanton Graubünden (ANU 2015d) _____	22
Tabelle 2: Emissionsreduktionsziele aus dem Luftreinhaltekonzept des Bundesrats (LRK) _____	25
Tabelle 3: Emissionen und Reduktionsbedarf 2015 und 2020. _____	28
Tabelle 4: Übersicht über umgesetzte und nicht weiterzuführende Massnahmen _____	37
Tabelle 5: Übersicht über weitergeführte, geänderte und neue Massnahmen (quellenspezifisch) _____	41
Tabelle 6: Erwartete Emissionsreduktion aufgrund der vorgeschlagenen Massnahmen nach Schadstoff und Emittenten für das Jahr 2020. _____	45
Tabelle 7: Quelle: ANU, Emissionskataster Kt. GR, (Stand Januar 2015) _____	95

7.5. Literaturverzeichnis

- AEV 2014:** Chancen der Elektromobilität für den Kanton Graubünden, E. Basler + Partner im Auftrag des Amtes für Energie und Verkehr (AEV), Schlussbericht, 19. Dezember 2014
- AEV 2013:** Energiemonitoring Graubünden 2012, Chur, Oktober 2013
- Andreani-Aksoyoglu 2008:** Influence of various emission scenarios on ozone in Europe. Seb-nem Andreani-Aksoyoglu et al. Ecological Modelling 217 (2008), pp. 209–218
- ANU 2015a:** Klimawandel Graubünden, Arbeitspapier 1: Klimaanpassung - Analyse der Herausforderungen und Handlungsfelder. Chur, April 2015
- ANU 2015b:** Klimawandel Graubünden, Arbeitspapier 2: Klimaschutz - Analyse der Herausforderungen und Handlungsfelder. Chur, Mai 2015
- ANU 2015c:** Klimawandel Graubünden, Arbeitspapier 4: Synthese der Herausforderungen und Handlungsfelder. Chur, Mai 2015
- ANU 2015d:** Emissionskataster Kanton Graubünden 2000-2020, Aktualisierung Jan. 2015. INF-RAS, Acontec, Meteotest im Auftrag des Amtes für Natur und Umwelt. Chur, Januar 2015.
- ANU 2014a:** Massnahmenplan Lufthygiene des Kantons Graubünden, Vollzugsbericht 2013, Amt für Natur und Umwelt, Kanton Graubünden. Chur, Juli 2014
- ANU 2014b:** A. Bernasconi, P. Muscionico. Massnahmenplan Lufthygiene unteres Misox - Abschlussbericht Umfrage Grono, IFEC Consulenze SA, im Auftrag des ANU, Rivera 2014
- ANU 2014c:** A. Bernasconi, P. Muscionico. Konzeptstudie Massnahmenplan Lufthygiene Unteres Misox- Beschreibung der Luftbelastung im Unteren Misox und der Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität, IFEC Consulenze SA, im Auftrag des ANU, Rivera, Juli 2014
- ANU 2015e:** Luftqualität 2014 im Kanton Graubünden. Bericht 27. Messjahr, Januar – Dezember 2014. Amt für Natur und Umwelt. Chur, 2015
- ANU 2012:** 25 Jahre Luftreinhaltung Graubünden. Amt für Natur und Umwelt. Chur, Oktober 2012
- ANU 2012/2013:** Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten im Kanton Graubünden. Zweite Erfolgskontrolle, dritte Erhebung. ANU. Chur 2012/13
- ANU 2011:** Weisung über die Kontrolle der kleinen Holzfeuerungen im Kanton Graubünden. LW003. Amt für Natur und Umwelt, Kanton Graubünden. Chur, September 2011
- ANU 2007:** Stand der Luftreinhalte-Massnahmen im Kanton Graubünden 2006 mit Aktualisierung des Massnahmenplans, Amt für Natur und Umwelt, Kanton Graubünden. Chur, April 2007
- ANU FK-025 Gutes Brennholz für Wohnraumfeuerungen**
http://www.anu.gr.ch/ANU_Dokumente/ANU-409-25d
- ANU FK-FK 038 Hackschnitzel**

http://www.anu.gr.ch/ANU_Dokumente/ANU-409-38d

ANU FK-050: Vollzug der Emissionskontrollen bei stationären Verbrennungsmotoren

http://www.anu.gr.ch/ANU_Dokumente/ANU-409-50d

ARE 2012: Hartmann & Sauter. Mobilität in Graubünden -Ergebnisse des Mikrozensus - Mobilität und Verkehr 2010 GR, im Auftrag des Amtes für Raumentwicklung, August 2012

ARE 2011: ÖV-Güteklassen Berechnungsmethodik ARE Grundlagenbericht für die Beurteilung der Agglomerationsprogramme Verkehr und Siedlung, Amt für Raumentwicklung, Bern, November 2011

AWEL 2014: Massnahmenplan Luftreinhaltung 2008. Teilrevision. Kanton Zürich, Baudirektion, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, 2014

BAFU 2012: Weniger Russ aus Dieselmotoren. Erfolge der Schweiz bei der Emissionsreduktion. Bundesamt für Umwelt BAFU. Bern 2012

BAFU 2013: PM10 und PM2.5 ambient concentration in Switzerland, Federal Office for the Environment (Bundesamt für Umwelt, BAFU). Reihe Umwelt-Wissen Nr. 1304. INF-RAS/Meteotest. Zürich/Bern 2013

BAFU 2014: Luftverschmutzung und Gesundheit. Übersicht zu den Auswirkungen. Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Wissen Nr. 1425. Bern 2014

BAFU 2014a: Grundlagenpapier zur Stickstoffproblematik Luft, Boden, Wasser, Biodiversität und Klima. Bundesamt für Umwelt BAFU. Referenz N281-1904. Bern 2014

BAFU 2015: Feinstaub. Fragen und Antworten zu Eigenschaften, Emissionen, Immissionen, Auswirkungen und Massnahmen. Bundesamt für Umwelt BAFU. März 2015

BAFU 2015a: E-Mail von B. Rihm Meteotest (Bern) an INFRAS vom 26. Aug. 2015. Meteotest erstellt die Karten im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU (Dateneignerin)

BAFU 2015b: Auswirkungen der Ozonbelastung. Bundesamt für Umwelt BAFU. Faktenblatt 3. Bern. 10. Juni 2015

BAFU 2015c: Online Datenbank der Messwert Schweiz. http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/blick_zurueck/01694/immissionsdaten/index.html?lang=de

BFE 2012: Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050. Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000 – 2050. Prognos im Auftrag des Bundesamtes für Energie. Bern 12.09.2012

Bracher, A. 2011: Möglichkeiten zur Reduktion von Ammoniak-Emissionen durch Fütterungsmassnahmen beim Rindvieh (Milchkuh). SHL Zollikofen, Agroscope Liebefeld-Posieux, Bundesamt für Landwirtschaft

Bundesrat 2009: Bericht Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes vom 11. September 2009, der Schweizerische Bundesrat zuhanden des Parlaments, Bern 2009

- BPUK 2006:** Interkantonales Interventionskonzept PM10: Temporäre Massnahmen bei ausserordentlich hoher Luftbelastung durch zuviel Feinstaub (Wintersmog – PM10) Schweizerische Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz BPUK. Zürich/Bürgenstock, 21. September 2006
- Cercl’Air 2012:** Projektgruppe Massnahmenplan Lufthygiene des Cercl’Air: Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität, Schlussbericht. Chur / Zürich, 20. Dezember 2012
- ECE 2012:** 1999 Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone to the Convention on Longrange Transboundary Air Pollution, as amended on 4 May 2012. Economic Commission for Europe. ECE/EB.AIR/114
http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2013/air/eb/ECE.EB.AIR.114_ENG.pdf
 Ein Kommentar des BAFU zum Göteborg-Protokoll befindet sich auf
<http://www.bafu.admin.ch/luft/13769/13785/13786/index.html?lang=de>
- EKL 2013:** Feinstaub in der Schweiz 2013. Statusbericht der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene (EKL). Bern 2013
- EKL 2014:** Ammoniak-Immissionen und Stickstoffeinträge. Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL). Bern 2014
- EZV 2015:** Lenkungsabgabe auf flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Hinweise zur Abgabe, Erhebung, Rückerstattung und Befreiung. Eidg. Zollverwaltung
http://www.ezv.admin.ch/zollinfo_firmen/04020/04256/04264/index.html?lang=de
- FUB 2014:** Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2013. Messbericht. Forschungsstelle für Umweltbeobachtung (FUB) im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, der OSTLUFT, der ZUDK, des Fürstentums Liechtenstein und der Kantone AG, AI, BE, FR, GR, LU, NE, SG, SO, TG, VD und ZG. Rapperswil, 2014
- GEO PARTNER AG 2015:** Energieholzpotenzial Kanton GR, Zürich, Februar 2015
- HAFL 2015:** Ammoniak-Massnahmen Kanton Graubünden. T. Kupper, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften. Zollikofen. 2015
- IPCC 2013:** Fifth Assessment Report (AR5). Intergovernmental Panel on Climate Change. Chapter 2 Observations: Atmosphere and Surface. 2013
http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter02_FINAL.pdf
- OSTLUFT 2015:** Luftqualität 2014. OSTLUFT und NH₃-Passivsammler 2001 bis 2014, Zusammenstellung der Ammoniak-Messreihen im Gebiet von OSTLUFT. Die Luftqualitätsüberwachung der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein, 2015
<http://www.ostluft.ch/78.0.html>
- Qualischnitzel®;** IPE Geschäftsstelle, Holzenergie-Zentrum, Dietgen
<http://www.qualischnitzel.ch>

QM FAQ 38; QM Holzheizwerke; Wie wird die Verfügbarkeit von Elektroabscheidern bestimmt?

<http://www.qmholzheizwerke.ch>

RICARDO AEA 2014: Update of the Handbook on External Costs of Transport, Final Report, 2014

Zimmermann 2014: Zimmermann J., STEP Ausbauschnitt 2030 – Planungsregion Ostschweiz.

UBA 2012: Best-Practice-Kostensätze Für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- Und Wärmezeugung, Anhang B der „Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten“, Umweltbundesamt, 2012

WHO 2005: WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02

http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf

8. Anhänge

8.1. Anhang 1: Emissionen Kanton Graubünden 2000 - 2020

Tabelle 7: Quelle: ANU, Emissionskataster Kt. GR, (Stand Januar 2015)

Schadstoffe und Emittenten	2000	2005	2010	2015	2020
	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a
NOx	4'381	3'768	2'987	2'474	2'017
Verkehr	2'209	1'778	1'269	1'009	710
Haushalte, Gewerbe, Dienstleistungen	379	353	311	238	186
Industrie	1'309	1'189	996	868	809
Land- und Forstwirtschaft	483	448	411	359	313
PM10 total	847	723	604	516	472
Verkehr	169	160	147	139	134
Haushalte, Gewerbe, Dienstleistungen	171	155	148	123	112
Industrie	253	162	93	63	51
Land- und Forstwirtschaft	254	247	216	191	176
PM10 exhaust	574	448	328	239	196
Verkehr	75	62	42	28	16
Haushalte, Gewerbe, Dienstleistungen	171	155	148	123	112
Industrie	243	152	82	52	40
Land- und Forstwirtschaft	85	80	56	37	28
	2	2	1	1	1
PM10 non-exhaust	274	275	276	276	276
Verkehr	94	98	106	112	117
Industrie	11	10	11	11	11
Land- und Forstwirtschaft	169	167	160	154	148
NMVOC	3'506	2'663	2'333	2'072	1'900
Verkehr	1'001	671	431	304	243
Haushalte, Gewerbe, Dienstleistungen	120	103	92	76	69
Industrie	1'980	1'513	1'466	1'377	1'301
Land- und Forstwirtschaft	405	375	344	315	287
NH3	2'247	2'196	2'373	2'394	2'408
Verkehr	148	114	79	57	46
Haushalte, Gewerbe, Dienstleistungen	23	25	26	24	24
Industrie	11	13	24	42	42
Land- und Forstwirtschaft	2'066	2'044	2'244	2'271	2'296

8.2. Anhang 2: Erläuterungen zu den Massnahmen Feuerungen F1 bis F3

8.2.1 F1: Holzfeuerungen (Betriebsvorschriften und Anforderungen)

Hintergrund/Hinweise

Unangepasste und/oder gedrosselte Verbrennungsluftzuführung, zu feuchtes oder nicht in optimaler Stückigkeit verwendetes Brennholz und vorwiegend bei älteren Feuerungen fehlender Ausbrand der Abgase in heissen Nachverbrennungszonen führen zur unvollständigen Verbrennung von Holzbrennstoffen und somit zu hohen Kohlenmonoxid- (CO) und Feinstaubemissionen (PM10). Dabei entstehen auch Emissionen von organischen Verbindungen (VOC in Form von Holzgas) als Vorläufersubstanzen von Feinstaub. Insbesondere die in der Umgebungsluft zu Feinstaub umgewandelten organischen Verbindungen machen einen erheblichen Anteil an der Feinstaubfracht aus. Bei entsprechenden Temperaturen können sich zudem auch kanzerogene und toxische Verbindungen wie Russ, als Black Carbon (BC) bezeichnet, und/oder polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) bilden. Das BAFU geht bei Holzfeuerungen mit FWL bis 50 kW davon aus, dass sich die Feinstaubfracht immissionsseitig wegen der in der Umgebungsluft durch Transmission zusätzlich gebildete Feinstäube gegenüber dem gemessenen emissionsseitigen Ausstoss mehr als verdoppelt.

Start- Abbrand- und Ausbrandphase

Insbesondere die Startphase aber auch die Regelung des weiteren Abbrandes hat bei Stückholzfeuerungen einen entscheidenden Einfluss auf die Verbrennungsqualität und somit auch auf die Feinstaubfracht. Die Verringerung der Anzahl Start- und Ausbrandphasen sowie die Regelung der stationären Abbrandphasen können bei Haupt- und Zentralheizungen nur mit entsprechender technischer Ausstattung erreicht werden. Möglich ist dies mit Feststoffspeicher für Einzelraumfeuerungen oder Wasserspeicher für zentrale Feuerungen, um die geforderte Betriebsweise zu erreichen. Das heisst, dass der Abbrand bei Stückholzfeuerungen grundsätzlich bei möglichst hoher Last zu erfolgen hat. Dies wird erreicht, indem:

- Automatische Holzfeuerungen mit einer Mindestlast von über 30 % der FWL betrieben werden.
- Bei Stückholzfeuerungen die Abbranddauer nicht durch Drosseln der Verbrennungsluft verlängert, resp. die Wärmeabgabe nicht durch Drosseln der Verbrennungsluft gesenkt wird.

Demzufolge muss die kurzzeitig anfallende, überschüssige Wärmeenergie zwischengespeichert und zeitlich verzögert abgerufen werden können.

Nachweis über unvollständige Verbrennung

Die Vollständigkeit der Verbrennung lässt sich in der Praxis mittels Kohlenmonoxid (CO)-Messungen als Leitgrösse beurteilen. Vergleichsmessungen haben gezeigt, dass bei einem CO-Wert von weniger als 800 mg/m³ das Holzgas minimiert ist und Feinstaubkonzentrationen von weniger als 100 mg/m³ möglich sind. Hingegen sind bei schlechter Verbrennungsqualität Feinstaubkonzentrationen bis Faktor 15 höher möglich.

Tiefe CO-Konzentrationen in den Abgasen von Holzfeuerungen weisen zudem auf tiefe VOC-Emissionen hin. Ab ca. 800 bis 1'000 mg/m³ CO steigen die VOC-Konzentrationen in etwa linear zu den CO-Konzentrationen an.

Emissionsmessungen

Bei kleineren Holzfeuerungen mit FWL bis 40 kW (Raumheizer, Speicheröfen, Heizcheminées etc.), welche die Anforderungen nach F1.1 bis F1.5 erfüllen, kann bei ordnungsgemäsem Betrieb gemäss Bedienungsanleitung in der Regel davon ausgegangen werden, dass auch die verschärften CO-Emissionsgrenzwerte eingehalten werden. In diesen Fällen kann auf die Durchführung von Emissionsmessungen verzichtet werden. Bei Klagen wegen übermässiger Rauch- und Geruchsbelästigung macht es jedoch Sinn, Emissionsmessungen – in der Regel als Langzeitmessung – anzuordnen. Abgasmessungen an Holzfeuerungen werden in Abhängigkeit der Messapparatur nach den BAFU-Messempfehlungen für Feuerungen, den BAFU-Messempfehlungen für stationäre Anlagen oder den Cerc l'Air-Empfehlungen durchgeführt.

Feinstaubabscheider bis 40 kW (bei Beanstandung)

Die Sanierung von beanstandeten kleineren Feuerungen mit FWL bis 40 kW durch den alleinigen nachträglichen Einbau eines Feinstaubabscheidesystems ohne automatische Abreinigung ist nicht zielführend. Die Beurteilung der Wirksamkeit der Feinstaubabscheidung ist einerseits nur im relativen Verhältnis zum Rohgas möglich. Andererseits nimmt die Wirksamkeit durch die höhere und somit schnellere Verschmutzung bei schlechter Verbrennung und ohne zusätzliche Wartung (manuelle Reinigung) weiter ab, ggf. bis zur Wirkungslosigkeit oder Störung des Abscheidesystems. Damit sich ein Filtereinbau lohnt, müssen mindestens folgende Grundvoraussetzungen gegeben sein:

- a) Die Feuerung muss über eine Verbrennungsqualität nach dem Stand der Technik verfügen;
- b) Die manuelle Abreinigung (Wartung) muss mit einem tragbaren Aufwand möglich und sichergestellt sein;
- c) Die Filterverfügbarkeit muss bereits beim Zündvorgang gewährleistet sein.

Definitionen und Begriffe

- Als Anfeuerung gelten auch Starts aus dem Glutbettunterhalt.
- Als automatische Beschickung gilt für Heizkessel gemäss Ziffer 3.25 der Norm EN 303-5, wenn die Zufuhr des Brennstoffs leistungsabhängig durch eine automatische Einrichtung erfolgt.
- Als Handbeschickung gilt gemäss Ziffer 3.25 der Norm EN 303-5, wenn die Brennstoffzufuhr manuell in Zeitabständen entsprechend dem Abbrand oder der Wärmeabgabe erfolgt.
- Als Holzzentralheizung gilt eine zentrale Heizstelle, die einen oder mehrere Räume oder Gebäude mittels Wasser als Trägermedium mit Wärme versorgt.
- Als Einzelraumfeuerung gilt eine Holzfeuerung, welche vorrangig zur Beheizung eines Raumes verwendet wird. Namentlich sind dies schwere Speicheröfen wie z.B. Kachel- oder Specksteinöfen, Raumheizer, Schwedenöfen, offene und geschlossene Cheminées oder Cheminéeinserte.

8.2.2 F2.1: CO-Grenzwert für Holzfeuerungen mit FWL bis 70 kW

Diese Teilmassnahme ist aufgehoben, da sie neu durch die LRV-Revision von 2018 (in Kraft ab 1. Juni 2018) abgedeckt ist (vgl. Anhang 3 Ziff. 522 LRV). Die nachfolgenden Erläuterungen haben jedoch immer noch ihre Gültigkeit.

Holzbrennstoff

Nicht ausreichend trockenes oder nicht in optimaler Stückigkeit verwendetes Brennholz führt zu unvollständiger Verbrennung und somit zu hohen Kohlenmonoxid- und Feinstaub-Emissionen. Dabei entstehen auch Emissionen von organischen Verbindungen (VOC in Form von Holzgas) als Vorläufer von Feinstaub.

Qualischnitzel

Qualischnitzel® ist ein geschützter Begriff für Hackholzschnitzel mit sehr guter Qualität. Gemäss Definition sind Qualischnitzel® ausgesiebte, auf unter 18 % Wassergehalt getrocknete Holzschnitzel aus den Wäldern der Region. Sie werden auf eine Grösse von maximal 20 x 45 x 4 Millimeter gehäckselt und getrocknet. Qualischnitzel® haben einen geringen Feinanteil, sind praktisch staubfrei und lassen sich wie Pellets in den Vorratsraum pumpen. Sie eignen sich für Trockenschnitzelfeuerungen ab 15 bis über 500 kW Leistung und erlauben einen vollständig automatischen Betrieb. Qualischnitzel® enthalten einen hohen Anteil an Laubholz und zeichnen sich durch einen sehr guten Energiewert bei gleichzeitig geringem Ascheanfall aus. Qualischnitzel® bieten den gleichen Heizkomfort wie Heizöl. Sie brennen dank ihrer geringen Feuchte

rauch- und dampffrei. Nur wenig graue Energie muss eingesetzt werden, um den Baum zu fällen, die Schnitzel zu hacken, zu transportieren und zu trocknen. Qualischnitzel® entsprechen der Qualitätsbezeichnung WSP 45 W18 Q.²³ (Siehe dazu auch ANU Merkblätter: Info FK 025- "Gutes Brennholz für Wohnraumfeuerungen" und Info FK 038 "Hackschnitzel".)

8.2.3 F2.2: Restholzfeuerungen

Diese Teilmassnahme ist aufgehoben, da sie neu durch die LRV-Revision von 2018 (in Kraft ab 1. Juni 2018) abgedeckt ist (vgl. Anhang 3 Ziff. 522 LRV). Die nachfolgenden Erläuterungen haben jedoch immer noch ihre Gültigkeit.

Gesundheitsschädliche, giftige Schadstoffe durch Restholzverbrennung

Belastetes Restholz verursacht beim Verbrennungsvorgang gesundheitsschädliche und giftige Schadstoffe, welche nicht als CO-Konzentration zu eruieren sind. Demzufolge können diese nicht mit periodischen Messungen im Rahmen der Feuerungskontrolle nach Art. 13 LRV überwacht werden. Mit nachgeschalteten Rauchgasreinigungssystemen (Feinstaubabscheider) können erhebliche Mengen an gesundheitsschädlichen Substanzen, welche sich am Russ binden, als Feststoffe abgeschieden werden. Durch die Einhaltung des vorsorglichen Emissionsgrenzwertes für Feststoffe von 50 mg/m³ wird erreicht, dass ein massgebender Anteil an Feststoffen, welche mit gesundheitsschädlichen Substanzen kontaminiert sind, nicht über die Kaminanlage ausgestossen, sondern als Filterasche abgeschieden und so in Absprache mit den Behörden einer sachgerechten Entsorgung zugeführt werden können.

Auswirkung auf die Verbrennung von belastetem Restholz

Veraltete Restholzfeuerungen mit FWL bis 70 kW werden saniert und mit Feinstaubabscheidesystemen nach dem Stand der Technik ausgerüstet. Die Massnahme bewirkt, dass belastetes Restholz nicht mehr in Feuerungen ohne Abgasnachbehandlung verbrannt werden darf.

Filterasche oder Flugasche

Untersuchungen von Filterascheproben haben gezeigt, dass massive Konzentrationen von Schadstoffen (wie z.B. Cadmium, Zink usw.) in der Filterasche nachzuweisen sind. Das beweist, dass mit Feststoffabscheidesystemen (Feinstaubfilter) die Emissionen von gesundheitsschädlichen Feststoffen über die Kaminanlage minimiert werden kann.

²³ www.qualischnitzel.ch

Belastetes Restholz

Als belastetes Restholz werden Holzabschnitte wie Spanplatten, verleimte, beschichtete, farbige, lasierte oder mit anderen Fremdstoffen belastete Holzabschnitte (Reste) aus der Holzverarbeitenden Industrie und dem Holzverarbeitenden Gewerbe bezeichnet.

8.2.4 F2.3: Pizza- und Brotbacköfen

Gewerblich, während mehr als sechs Monaten pro Jahr, betriebene Holz-Pizzaöfen verursachen täglich über mehrere Stunden Emissionen über die Abgasanlage. Erfahrungen des Vollzugs zeigen, dass dies zu erheblichem und sehr lästigem Russauswurf führen kann. Mit Rauchgasnachbehandlungsanlagen (z.B. Nasswäscher) können sowohl Russ- wie auch Geruchsimmissionen minimiert werden.

8.2.5 F3.1 und F3.2: Holzfeuerungen über 70 KW FWL

Minimallast und minimale Betriebsdauer pro Heiztag

Ältere Holzfeuerungen mit FWL über 70 kW verursachen oft zu hohe Emissionen. Noch bis vor wenigen Jahren wurden viele Holzfeuerungen überdimensioniert und ohne Wärmespeicher geplant und installiert (umgangssprachlich sogenannte "Lothar-Anlagen"). Dies hat dazu geführt, dass Holzfeuerungen oft in ungünstigen Betriebszuständen mit zu hohen Emissionen betrieben werden. Sie werden häufig im Teillastbetrieb oder mit Glutbettunterhalt gefahren und / oder müssen mehrere Male pro Tag hochgefahren werden. Bei Holzfeuerungen mit nachgeschalteten Feinstaubabscheidesystemen führt dies zudem zu einer ungenügenden Filter-Verfügbarkeit. Durch eine bessere Dimensionierung und Steuerung der Anlagen, sowie ausreichendem Wärmespeichervolumen sollen diese ungünstigen Betriebszustände künftig vermieden werden. Bei automatisch beschickten Heizkesseln empfiehlt QM Holzheizwerke die Auslegung des Wärmespeichers auf ein Wärmeaufnahmevermögen von mindestens einer Stunde Volllastbetrieb des Heizkessels. Als Praxisregel für einen genügend grossen Wärmespeicher gelten folgende Anforderungen:

- für Schnitzelfeuerungen ein Speichervolumen von mindestens 25 bis 30 Liter/kW,
- für Pelletsfeuerungen ein Speichervolumen von mindestens 20 bis 25 Liter/kW.

Gemäss den Vorgaben der Massnahmen F1.1 und F3.1 darf eine Holzfeuerung in der Regel nur einmal pro Heiztag angefeuert werden. Falls zukünftige Verbesserungen von automatisch beschickten Heizkesseln eine Verminderung der Emissionen bei instationären Betriebsphasen bringen, soll die Zahl der erlaubten Anfeuerungen erhöht werden können. Deshalb wird bewusst die Formulierung „in der Regel“ verwendet. Der Verband SFIH Holzfeuerungen Schweiz²⁴

²⁴ <https://sfih-holzfeuerungen.ch>

(Hersteller von Heizkesselanlagen) hat die Betriebsvorschriften der Massnahme F1 und F3 übernommen und ein entsprechendes SFIH-Merkblatt erstellt. Aufgrund dieses Merkblattes arbeiten Kesselhersteller bereits intensiv und erfolgreich daran, instationäre Betriebsphasen von automatisch beschickten Heizkesseln emissionsärmer zu machen. Erfolge dieser Entwicklungen wurden in Feldmessungen nachgewiesen. Um dieser positiven Entwicklung Rechnung zu tragen, kann die Behörde bei Heizkesseln mit automatischer Brennstoffbeschickung und tiefen Emissionen im Anfahr-, Ausbrand- und Glutunterhaltsbetrieb unter bestimmten Voraussetzungen die zulässige Anzahl Starts pro Tag erhöhen und die minimale Regelbetriebsdauer reduzieren. Voraussetzung dafür ist, dass keine erheblichen Geruchsbelästigungen entstehen und die Anforderungen bezüglich des Staub-Emissionsgrenzwertes eingehalten werden. Dabei kann sich die Behörde auf anerkannte Planungshilfsmittel wie zum Beispiel QM Holzheizwerke (Qualitäts-Management-System für Holzheizwerke zur Produktion und Verteilung von Raumwärme, Wärme zur Warmwasserbereitung und Prozesswärme) von Holzenergie Schweiz beziehen. Die Massnahme F3.1 orientiert sich an den Vorgaben der QM Holzheizwerke. Bei trockenen Holzbrennstoffen und automatischer Zündung soll soweit möglich auf Glutbettunterhaltsbetrieb verzichtet werden. Bei Brennstoffen mit hohem Wassergehalt oder grossen Anlagen, wo eine automatische Zündung nicht funktioniert, soll der Glutbettunterhaltsbetrieb zeitlich eingeschränkt sein. Diese Vorschriften sollen durch planerische Massnahmen umgesetzt werden.

Filterverfügbarkeit

Die bisherige Überwachung der Anlagenkomponenten (Feuerung / Filter / Bypass) zeigt, dass die Ablufttemperaturen der Feuerungsanlagen wegen Niedriglastbetrieb oft zu gering und die Filtersysteme deshalb ungenügend verfügbar sind, bzw. die Abgase im Bypassbetrieb unbehandelt über die Kaminanlage ausgestossen werden. Grund war oft eine zu gross dimensionierte Anlage, die einen grossen Anteil der Betriebszeit in Teillastbetriebszuständen oder im Glutbettunterhalt betrieben wurde und deren Abluft deshalb nicht die notwendige Temperatur für die Filteranlage erreichte, bzw. aufrechterhalten konnte. Mit den Massnahmen F3.1 und F3.2 soll erreicht werden, dass Holzfeuerungen besser dimensioniert werden, damit die installierten Filteranlagen die geforderte Verfügbarkeit erzielen können. Die Einhaltung des Emissionsgrenzwertes bei Feststofffeuerungen soll über die ganze Kesselbetriebsdauer sichergestellt sein. Ziel der Massnahme F3.1 und F3.2 ist der Nachweis, dass die bei Holzfeuerungsanlagen installierten Feinstaubfilter auch tatsächlich dauerhaft wirksam in Betrieb stehen und somit auch eine wirksame Staubabscheidung erfolgt.

Sanierung / Nachrüstung mit Wärmespeicher

Bei automatisch beschickten Holzzentralheizungen (Heizkesseln) empfiehlt QM Holzheizwerke von Holzenergie Schweiz die Auslegung des Wärmespeichers (nach dem Stand der Technik

geregelt) auf ein Wärmeaufnahmevermögen von mindestens einer Stunde Volllastbetrieb des Heizkessels. Bei bestehenden Anlagen können die Vorgaben der Massnahme F3.1 und F3.2 bedeuten, dass eine Anlage saniert oder ersetzt werden muss. Um zu verhindern, dass noch nicht amortisierte Holzfeuerungsanlagen ersetzt werden müssen, soll die Sanierungsfrist zur Nachrüstung eines Wärmespeichers bei Platzmangel bis auf ein Anlagealter von 20 Jahren ausgedehnt werden, wenn dies mit einem Heizkesselerersatz verbunden ist und keine Reklamationen wegen übermässiger Rauch- und/oder Geruchsimmissionen vorliegen.

Langzeitmessung

Bei Verdacht auf übermässige Geruchsimmissionen oder wenn die Verfügbarkeit des Filterbetriebs weniger als 90 % beträgt, hat der Betreiber der Anlage die Einhaltung der Vorschriften mit einer Langzeit-CO-Messung über mehr als 24 Stunden im kritischen Betriebsfall nachzuweisen. Anhand dieser Langzeitmessung wird überprüft, ob die Anzahl Anfeuerungsphasen und die Regelbetriebsdauer den Vorgaben der Massnahme F3.1 genügen. Andere Nachweise sind nicht ausgeschlossen.

Sanierungsmassnahmen

Muss die Anlage beanstandet werden, sind folgende Behebungsmassnahmen zu prüfen:

- Brennstoffwechsel, z. B. Verwendung von „Qualischnitzel®“ adäquatem Brennstoff.
- Einschränkung des Einsatzbereichs der Holzfeuerung, z. B. kein Sommerbetrieb.
- Nachrüsten einer Öl- oder Gasfeuerung für den Schwachlastbetrieb, z. B. im Sommer (auch für Spitzenlast oder als Notfeuerung einsetzbar).
- Nachrüsten mit einem genügend grossen Wärmespeicher.
- Nachrüsten mit einem Multizyklonfilter als Grobstaubabscheider vor dem Feinstaubabscheider.
- Kaminerhöhung zur Verminderung der Geruchsbelästigung.

Beim Umbau einer Liegenschaft mit Holzheizung ist eine ganzheitliche Situationsüberprüfung notwendig. Dabei ist in einer ersten Phase zu prüfen, ob der Wärmeverbrauch beispielsweise durch eine verbesserte Gebäudedämmung reduziert werden kann oder ob in naher Zukunft der Wärmebedarf aus anderen Gründen zurückgehen wird. Erst in einer zweiten Phase ist die Art und Grösse des Wärmeerzeugers auszuwählen.

8.2.6 F3.3: Stickoxide bei Holzfeuerungen über 3 MW

Ausgangslage

Der Trend, grosse Holzfeuerungen öfters zur Erzeugung von elektrischem Strom einzusetzen, führt zu vermehrtem Ganzjahres- bzw. Sommerbetrieb. Stickoxide sind ein Vorläuferschadstoff,

welcher unter Einwirkung von Wärme und Sonnenlicht und im Beisein von VOC zur sommerlichen Ozonbildung in Bodennähe führt und somit zu überschrittenen Ozon-Immissions-Grenzwerten beiträgt.

Anwendung LRV-Grenzwert NO₂

Neue Holzfeuerungen nach dem Stand der Technik mit FWL über 3 MW müssen den vorsorglichen Stickoxid-Emissionsgrenzwert der LRV als Konzentration (angegeben als NO₂ mg/m³) einhalten. Die Erleichterung, dass ein minimaler Massenstrom von 2500 g/h berücksichtigt werden muss, ist unnötig. Im Vergleich zu Öl- und Gasheizungen ist bei Holzfeuerungen bereits der vorsorgliche Emissionsgrenzwert für NO₂ mehr als um das Doppelte höher. Sanierungen von Öl- und Gasfeuerungen wurden seit 2004 überwiegend wegen zu hohen NO₂-Emissionen angeordnet.