

■ AUFTRAG

**Konzeptstudie Massnahmenplan
Lufthygiene Unteres Misox**

■ TITEL 140229 B 01_5

Schlussbericht**Beschreibung der Luftbelastung im Unter-
teren Misox und der Massnahmen zur
Verbesserung der Luftqualität**

■ AUFTRAGGEBER

Abteilung Luft, Lärm und Strahlung
Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU)
Gürtelstrasse 89, CH-7001 Chur

■ ORT UND DATUM

Rivera, 7. Juli 2014

140229 B 01_5 BER-MUS - Schlussbericht / Seitenzahl: 74

Der Originalbericht wurde in italienischer Sprache verfasst.

■ VERFASSER



Dr. Angelo Bernasconi



Ing. Paolo Muscionico

IFEC Consulenze SA

Via Lischedo 9
CH - 6802 Rivera

T + 41 91 935 97 00
F + 41 91 935 97 09

contact@ifec.ch
www.ifec.ch



Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG.....	5
1. ORIENTIERUNG	8
1.1. AUSGANGSLAGE	8
1.2. AUFTRAG	8
1.3. STRUKTUR, AUFBAU UND INHALT DES BERICHTS	9
2. GESETZLICHE UND TECHNISCHE GRUNDLAGEN.....	11
2.1. ZIELE DER LUFTREINHALTEPOLITIK UND IMMISSIONSGRENZWERTE DER LUFTREINHALTEVERORDNUNG (LRV)	11
2.2. LUFTSCHADSTOFFE UND DEREN UMWANDLUNGSPROZESSE	11
2.3. AUSWIRKUNGEN VON FEINSTAUB AUF DIE GESUNDHEIT.....	17
2.3.1. KURZFRISTIGE ZUSAMMENHÄNGE VON FEINSTAUB UND GESUNDHEIT.....	18
2.3.2. LANGFRISTIGE ZUSAMMENHÄNGE VON FEINSTAUB UND GESUNDHEIT.....	18
3. IMMISSIONSSITUATION.....	21
3.1. IMMISSIONSGRENZWERTE.....	21
3.2. STICKSTOFFDIOXIDBELASTUNG (NO ₂).....	22
3.3. FEINSTAUB (PM10).....	23
3.4. OZON (O ₃)	29
4. EMISSIONSQUELLEN.....	34
4.1. ÜBERBLICK	34
4.2. HOLZ- UND ÖL-/GASFEUERUNGEN	34
4.3. LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT	37
4.4. BIOGENE EMISSIONEN.....	37
4.5. VERKEHR.....	38
4.6. INDUSTRIE UND GEWERBE (MASCHINEN)	40
4.7. INDUSTRIE UND GEWERBE (STATIONÄRE ANLAGEN)	40
4.8. GESAMTEMISSIONEN FÜR DAS UNTERE MISOX	41
5. REDUKTIONSZIELE IM UNTEREN MISOX.....	44
5.1. EINHALTUNG DES PM10-TAGESMITTELGRENZWERTES	45
5.2. EFFIZIENZ-SZENARIO	45

5.3. SOLL-SZENARIEN	46
6. MASSNAHMEN	49
6.1. ANALYSE DER BESTEHENDEN MASSNAHMEN	50
6.1.1. C3: HOLZFEUERUNGSKONTROLLEN BEI ANLAGEN BIS 70 kW	51
6.1.2. C4: FÖRDERUNG VON PARTIKELABSCHIEDERN FÜR KLEINE HOLZFEUERUNGEN	52
6.1.3. C5: VERBRENNUNG VON GRÜNABFÄLLEN	53
6.1.4. C6: AUS- UND NACHRÜSTUNG VON LINIENBUSSEN DES ÖFFENTLICHEN VERKEHRS UND DIESELLOKOMOTIVEN DER RHÄB MIT PARTIKELFILTERN	53
6.1.5. C8: MINDERUNG VON FEINSTAUB BEI DIESELBETRIEBENEN MASCHINEN UND GERÄTEN IN DER LANDWIRTSCHAFT	54
6.1.6. C11: STAUBMINDERUNG BEI ARBEITEN IM FREIEN	54
6.1.7. C12: FEINSTAUB – SOFORTMASSNAHME	54
6.2. BEURTEILUNGSKRITERIEN FÜR NEUE MASSNAHMEN	55
6.3. NEUE (ZUSÄTZLICHE) MASSNAHMEN	57
6.3.1. I1: SCHULPROJEKTE	59
6.3.2. I2: RICHTIG FEUERN	59
6.3.3. I3: SCHALTER FÜR ENERGIE- UND LUFTHYGIEINE-BERATUNG	59
6.3.4. I4: INFORMATIONS- UND INTERVENTIONSKONZEPT	59
6.3.5. B1: ERHEBUNG DES ANLAGEBESTANDS UND DES NUTZUNGSVERHALTENS	60
6.3.6. B2: IMMISSIONSÜBERWACHUNG UND ERFOLGSKONTROLLE	60
6.3.7. G1: VERBOT DES VERBRENNENS VON GRÜNABFÄLLEN IM FREIEN	60
6.3.8. G2: FILTERPFLICHT FÜR GASTGEWERBLICH GENUTZTE HOLZFEUERUNGEN (Z.B. PIZZAÖFEN)	61
6.3.9. G3: CO-EMISSIONSGRENZWERTE FÜR BESTEHENDE HOLZFEUERUNGEN MIT FEUERWÄRMELEISTUNG (FWL) BIS 70 kW	61
6.3.10. G4: WINTERLICHE BETRIEBSEINSCHRÄNKUNG FÜR OFFENE FEUERSTELLEN	61
6.3.11. G5: UMSETZUNG STAND DER TECHNIK BEI NEUEN HOLZFEUERUNGEN	62
6.3.12. F1: ZUSATZFÖRDERUNG BEI ENERGETISCHER SANIERUNG VON GEBÄUDEN	62
6.3.13. F2: FINANZIELLE UNTERSTÜTZUNG VON SANIERUNGEN IN WIRTSCHAFTLICHEN HÄRTEFÄLLEN	62
6.4. MASSNAHMENBLÄTTER	63
7. SCHLUSSBEMERKUNGEN UND WEITERES VORGEHEN	64
8. GLOSSAR	66
8.1. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	66
8.2. LITERATURVERZEICHNIS	68

8.3. TABELLENVERZEICHNIS	70
8.4. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	71
9. ANHANG	74

Zusammenfassung

Mitte des Jahres 2012 gelangte das Centro Regionale dei Servizi (CRS) in Roveredo mit der Bitte ans Amt für Natur und Umwelt (ANU), im Rahmen der ordentlichen Sitzung des Regionalparlaments die Wintersmogsituation im Misox zu erläutern und mögliche Massnahmen zur Reduktion der stark erhöhten Feinstaubwerte aufzuzeigen. Anlässlich der Sitzung vom 20. November 2012 machte das ANU dem Regionalparlament das Angebot, einen lufthygienischen Massnahmenplan für den unteren Teil des Misox auszuarbeiten. Das Massnahmenplangebiet umfasst die Gemeinden von San Vittore bis Lostallo.

Lokalspezifische Massnahmen lassen sich ohne Einbezug der betroffenen Bevölkerung nur schwer durch- und umsetzen. Deshalb wurde eine Begleitgruppe aus Vertretern der Gemeinden San Vittore, Roveredo, Grono und Verdabbio gebildet. Unterstützt wurde diese durch eine Arbeitsgruppe, welche sich aus Spezialisten des Amtes für Energie (AEV), des ANU sowie externen Experten der Firma IFEC zusammensetzte. IFEC wurde beauftragt, die lufthygienische Situation im Unteren Misox zu analysieren und zusammen mit Arbeits- und Begleitgruppe Massnahmen zur Verbesserung dieser Situation zu erarbeiten. In 6 Begleit- und 12 Arbeitsgruppensitzungen zwischen März 2013 und April 2014 wurden die Immissionssituation analysiert, die problematischen Luftschaadstoffe und die dafür verantwortlichen Emissionsquellen identifiziert, ein Vorgehenskonzept entwickelt und konkrete Massnahmen zur Reduktion der übermässigen Luftschaadstoffbelastung formuliert. Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse dieser Untersuchungen und Diskussionen. Nachfolgend werden sie kurz zusammengefasst, sowie das weitere Vorgehen skizziert.

Gemäss Art. 44a des Bundesgesetzes über den Umweltschutz (USG) und gemäss Art. 31 bis 34 der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) sind die Kantone grundsätzlich verpflichtet, bei Überschreitung der Immissionsgrenzwerte Massnahmen auszuarbeiten und umzusetzen, mit welchen übermässige Schadstoffbelastungen beseitigt werden können. Entsprechende Massnahmen werden in einem Massnahmenplan zusammengefasst. In Graubünden existiert bereits seit 1992 ein solcher Plan. Dieser wurde 2006 überarbeitet und wird seit 2007 umgesetzt. Er enthält 28 Massnahmen, welche sich in vier Wirkungsbereiche aufteilen: Reduktion aller Luftschaadstoffe, Minderung der Ozonbelastung, Minderung der Feinstaubbelastung und Minderung der Ammoniakbelastung.

Die entsprechenden Massnahmen reichen jedoch nicht aus, um die Immissionsgrenzwerte (IGW) für Feinstaub (PM10) und Ozon (O_3) im Unteren Misox einzuhalten. Wie die Immissionsmessungen des Amtes für Natur und Umwelt zeigen, werden von Lostallo bis San Vittore seit Jahren der Jahresmittelgrenzwert und besonders während der Wintermonate der Tagesmittelgrenzwert des Feinstaus deutlich überschritten. Während der Sommermonate können regelmässig die Immissionsgrenzwerte für Ozon nicht eingehalten werden.

Aufgrund dieses Befundes sind an die lokalen Verhältnisse angepasste Massnahmen nötig. Die LRV sieht zur Beseitigung von übermässigen Immissionen folgende Massnahmen vor: Bei stationären Anlagen die Verkürzung der Sanierungsfristen oder die Einführung von ergänzenden oder verschärften Emissionsgrenzwerten und bei Verkehrsanlagen bauliche, betriebliche, verkehrslenkende oder verkehrsbeschränkende Massnahmen. Bevor jedoch derartige Massnahmen formuliert und umgesetzt werden können, muss einerseits Klarheit bestehen über die Emissionsquellen, welche für die Entstehung der übermässigen Immissionen verantwortlich sind, und andererseits über die Bedeutung der Emissionen der Einzelquellen für die Gesamtbelastung.

Die Untersuchungen von IFEC zeigen, dass der Feinstaub zu einem grossen Teil hausgemacht ist und von kleinen Holzfeuerungen mit schlechter Verbrennung stammt. Auch wenn die kleinen Holzfeuerungen oft nur als Ergänzungsheizungen betrieben werden, stossen sie gerade dann viel Feinstaub aus, wenn die Ausbreitung als Folge einer Inversionslage in der Atmosphäre schlecht ist. Feinstaub aus Feuerungsanlagen mit schlechter Verbrennung ist besonders gefährlich für die Gesundheit, da er krebsfördernde Russelteilchen enthält. Denselben Ansatz muss auch bei der Bekämpfung der übermässigen Ozonbelastung verfolgt werden. Ozon als sekundärer Schadstoff ist hauptsächlich während der Sommermonate ein Problem und wird nur zu einem kleinen Teil lokal gebildet. Es sind hauptsächlich überregionale Massnahmen notwendig um Vorläufersubstanzen des Ozons (Stickoxide und Kohlenwasserstoffe) nachhaltig zu reduzieren. Derartige Massnahmen werden im Rahmen des kantonalen Massnahmenplans umgesetzt. Erfolg versprechender sind jedoch nationale verschärzte Emissionsvorschriften, die direkt bei den Schadstoffemittenten ansetzen.

Zur Reduktion der Feinstaubbelastung wurden bereits im Rahmen des gültigen Massnahmenplans verschiedene Massnahmen eingeleitet und umgesetzt, wie beispielsweise die periodische Kontrolle von kleinen Holzfeuerungsanlagen und die Partikelfilterpflicht für Baumaschinen. Zudem ist das Verbrennen von Grünabfällen im Freien nur mit Bewilligung der kantonalen Fachstelle möglich. Leider muss festgestellt werden, dass diese Massnahmen nicht ausreichen, um die Feinstaubbelastung so markant zu reduzieren, dass die Immissionsgrenzwerte der LRV im Unteren Misox eingehalten werden können.

Das primäre Reduktionsziel eines regionalen Massnahmenplans wird deshalb die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte sein. Um dieses Ziel zu erreichen wird im Zeitraum von 2015 bis 2025 ein stufenweises Vorgehen in drei Phasen vorgeschlagen. Für jede Phase ist ein Aktionsplan vorgesehen, welcher verschiedene Massnahmen enthält. Sie lassen sich in folgende vier Pakete unterteilen:

- Information, Schulung und Intervention bestehend aus vier Massnahmen (I1 bis I4)
- Datenerhebung und Überwachung (B1 und B2)
- Verschärzte Emissionsvorschriften (G1 bis G5)
- Finanzielle Förderung des Ersatzes von alten durch neue Holzfeuerungen (F1 und F2)

Das erste Paket hat zum Ziel, mit Hilfe von Schulprojekten, Broschüren und Kampagnen alle Bevölkerungsschichten über die Quellen, die Entstehung und die Wirkung des Feinstaubs sowie über die Reduktionsmöglichkeiten zu informieren. Zu diesem Paket gehört auch die Einrichtung eines Schalters, wo Hauseigentümer oder Interessierte sich über die technischen Möglichkeiten und über die finanziellen Förderungen von Sanierungen informieren und beraten lassen können, sowie der Aufbau eines Informations- und Interventionskonzeptes, welches den Gemeinden ermöglicht in Tagen mit kritischen Feinstaubbelastungen den Betrieb und die Nutzung von Holzfeuerungen einzuschränken. Dazu braucht es jedoch detaillierte Informationen über den Bestand an Holzfeuerungen sowie eine lückenlose Überwachung der Feinstaubbelastung. Bestandesaufnahme und Überwachung sind die primären Aufgaben von Massnahmenpaket zwei. Bestandteil dieses Paketes ist auch die periodische Berichterstattung über den Stand der Feinstaubbelastung im Sinne einer Erfolgskontrolle. Paket drei setzt mit dem Verbot des Verbrennens von Grünabfällen im Freien und mit der Verschärfung der Emissionsgrenzwerte bei den lokalen Quellen der übermässigen Feinstaubbelastung an. So werden für kleine Holzfeuerungen nach Anlagetyp abgestufte CO-Emissionsgrenzwerte eingeführt, und neue oder gastgewerblich genutzte Holzfeuerungen müssen mit Feinstaubfiltern ausgerüstet werden. Durch diese Verschärfung werden viele Anlagen sanierungspflichtig. Dies hat erhebliche Kostenfolgen für die Anlagebesitzer. Um diese finanziellen Auswirkungen zu mildern und An-

reize für nachhaltige Lösungen zu schaffen, wird ein viertes Paket geschnürt, welches Fördermittel in der Gröszenordnung von 1.5 Mio. Franken bereitstellt (Stand Ende Mai 2014).

Insgesamt werden 13 Massnahmen zur Reduktion des Feinstaubs im Unteren Misox vorgeschlagen. Sie werden in Form von sogenannten Massnahmenblättern kurz umschrieben (pro Massnahme ein Blatt). Diese Umschreibung gibt u.a. wichtige Hinweise über Ziel und Zweck, Wirkung, Kosten und Nutzen und die Zuständigkeiten einer Massnahme. Bei den meisten Massnahmen sind jedoch zusätzliche Arbeiten notwendig, um die Voraussetzungen für ihre Umsetzung zu schaffen (beispielsweise Erstellen von Materialien für Schulprojekte, Erstellen und Drucken von Informationsbroschüren, Erarbeiten von Vollzugshilfen und Detailkonzepten, etc.).

Diese Arbeiten werden in einer ersten Phase zwischen 2015 und 2017 durchgeführt. In dieser Phase werden durch das ANU die Sanierungen der Holzfeuerungen verfügt. In den darauffolgenden zwei Phasen zwischen 2017 und 2025 liegt das Schwergewicht bei der Sanierung der Anlagen. Deshalb muss spätestens ab 2017 der Beratungsschalter (Massnahme I3) operativ sein. Die Schulprojekte und Informationskampagnen werden in diesen Phasen mit periodischen Veranstaltungen alle zwei Jahre fortgeführt.

Der vorgeschlagene Massnahmenplan ist geeignet, um die lufthygienische Situation im Unteren Misox nachhaltig zu verbessern. Der Fokus liegt dabei klar bei der Sanierung der alten und ineffizienten Holzfeuerungen als Hauptverursacher des Wintersmogs. Hier sind primär die Hauseigentümer gefordert, denn sie werden die Hauptlast dieser Sanierungen zu tragen haben. Deshalb ist es von grosser Wichtigkeit, dass die politischen Instanzen des Kantons, der Region und der Gemeinden hinter den aufgezeigten Massnahmen stehen und dass sie gewillt sind, diese wenn nötig auch gegen den Willen und unter Opposition der betroffenen Bevölkerung durchzusetzen. Ist dies nicht der Fall, so muss sich das ANU auf den Vollzug der gesetzlichen Vorschriften konzentrieren, indem ausschliesslich die Emissionsgrenzwerte verschärft und die Sanierungen verfügt werden.

Die Kosten der Sanierungen lassen sich heute nur schwer beziffern. Sie werden aber in der Gröszenordnung von 10 bis 15 Mio. Franken liegen. Der Kanton ist jedoch bereit, mit gezielten Fördermassnahmen die Anlagebesitzer resp. Hauseigentümer finanziell zu unterstützen. Aber auch die restlichen Massnahmen werden vom Kanton stark subventioniert. Insgesamt sollen vom Kanton in den nächsten 10 Jahren ca. 2 Mio. Franken investiert werden. Der Kostenplan sieht aber auch eine Beteiligung der Gemeinden in der Gröszenordnung von 10% der Gesamtinvestitionen vor, was einem Betrag von ca. 3 000 Franken pro Gemeinde und Jahr entspricht. Dieser Betrag soll hauptsächlich für die Schulprojekte, Informationskampagnen und für den Betrieb des Beratungsschalters aufgewendet werden.

1. Orientierung

1.1. Ausgangslage

Mitte des Jahres 2012 gelangte das Centro Regionale dei Servizi (CRS) in Roveredo mit der Bitte ans Amt für Natur und Umwelt (ANU), im Rahmen der ordentlichen Sitzung des Regionalparlaments die Wintersmogsituation im Misox zu erläutern und mögliche Massnahmen zur Reduktion der stark erhöhten Feinstaubwerte aufzuzeigen. Anlässlich der Sitzung des CRS vom 20. November 2012 machte das ANU dem Regionalparlament folgendes Angebot: Das ANU erarbeitet einen Massnahmenplan Lufthygiene für den unteren Teil des Misox.

Die Massnahmenplanung stützt sich auf Art. 44a des Umweltschutzgesetzes (USG) und Art. 31 bis 34 der Luftreinhalte-Verordnung (LRV), welche die Kantone verpflichten, aufzuzeigen, wie übermässige Immissionen verhindert oder beseitigt werden können. Mit dem Regierungsbeschluss (RB) Nr. 1493 vom 10. Juni 1992 verabschiedete die Regierung des Kantons Graubünden erstmals einen Massnahmenplan Lufthygiene.

Gemäss RB 1493/92 sind Stand der Bearbeitung, Sanierungserfolge und Vollzugsdefizite des Massnahmenplans regelmässig auszuweisen (siehe auch Art. 33 Abs. 3 LRV). Im Jahr 2006 wurde dieser Stand einer gesamtheitlichen Prüfung unterzogen und gleichzeitig wurde der Massnahmenplan aktualisiert [1]. Am 15. Mai 2007 nahm die Regierung des Kantons Graubünden den Bericht "Stand der Luftreinhalte-Massnahmen 2006 mit Konkretisierung der künftigen Handlungsfelder" zustimmend zur Kenntnis und beauftragte die darin aufgeführten Departemente und Dienststellen mit dem Vollzug des aktualisierten Massnahmenplans.

Die jährliche Berichterstattung des Amtes für Natur und Umwelt (ANU) zur Luftqualität (s. z.B. [2]) zeigt, dass die Immissionsgrenzwerte für die Schadstoffe Ozon (O_3) und Feinstaub (PM10) im Unteren Misox regelmässig überschritten werden. Im Vergleich zu anderen Regionen im Kanton Graubünden ist im Unteren Misox besonders die Feinstaubbelastung zeitweise stark erhöht.

Aus diesem Grund zeigt der Kanton Graubünden praxisbezogene Handlungsmöglichkeiten in der Luftreinhaltepolitik auf, welche erlauben im Unteren Misox die Ziele der LRV zu erreichen. Die Massnahmen werden in einem **regionalen Massnahmenplan Lufthygiene für das Untere Misox** verankert. Dieser regionale Massnahmenplan wird auf die Bedürfnisse der Region zur Verbesserung der Luftqualität angepasst. Er löst den Kantonalen Massnahmenplan nicht ab, sondern ergänzt diesen mit regionalspezifischen Massnahmen.

1.2. Auftrag

Das Amt für Natur und Umwelt hat am 22. März 2013 das Ingenieurbüro IFEC Consulenze SA beauftragt, einen an die lufthygienische Situation im Unteren Misox angepassten Massnahmenplan zu erarbeiten. Dabei ist ein besonderes Augenmerk auf die praktische Umsetzung der Massnahmen zu legen.

Der Massnahmenplan muss verschiedene Arten von Massnahmen unterscheiden: Anträge an den Bund (Verschärfung, bzw. Anpassung von Vorschriften), kantonale Massnahmen und Massnahmen, welche direkt von den Gemeinden umgesetzt werden können.

Neben den herkömmlichen Massnahmen zur Reduktion der Feinstaubbelastung sollen auch neuartige Massnahmen – wie z.B. innovative Ansätze für die Wärmeversorgung – berücksichtigt werden, wobei die Vorgaben und Fördermöglichkeiten der kantonalen Energiefachstelle zu beachten sind.

Umfang des Auftrags:

- Analyse des IST-Zustandes auf der Grundlage bestehender Untersuchungen, Berichte und Messungen.
- Formulieren eines SOLL-Zustandes resp. Festlegen von Reduktionszielen zusammen mit dem Auftraggeber unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben und der lokalen Vorbelastungssituation.
- Aufzeigen von Massnahmen zur Erreichung des Reduktionsziels (was ist notwendig, um das Ziel zu erreichen?).
- Bewerten der vorgeschlagenen Massnahmen bezüglich Einsparungspotenzial, Effektivität, Effizienz, Realisierungskosten, Einfachheit der Umsetzung, Synergien mit anderen Umweltpolitiken, Umsetzungsstufe und Akzeptanz (welche Massnahmen sind am effektivsten?).

1.3. Struktur, Aufbau und Inhalt des Berichts

Entsprechend der Aufgabenstellung ist der vorliegende Bericht wie folgt strukturiert:

Im nachfolgenden Hauptkapitel 2 werden die gesetzlichen und technischen Grundlagen präsentiert. Dabei wird auf die Ziele der Luftreinhaltepolitik, auf die Umsetzung dieser Ziele in Gesetz und Verordnung, auf die Quellen und die Umwandlungsprozesse sowie auf die gesundheitlichen Auswirkungen der Luftsabstoffe (vornehmlich des Feinstaub) eingegangen.

Im darauffolgenden Hauptkapitel 3 wird die aktuelle Immissionssituation im Unteren Misox analysiert, getrennt nach den wichtigsten Luftsabstoffen (NO_2 , O_3 und $\text{PM}10$). Dabei werden die ermittelten Schadstoffkonzentrationen nicht nur mit den Grenzwerten verglichen, sondern es wird auch der Versuch unternommen, mittels statistischer Auswertungen saisonale sowie tageszeitliche Belastungsverläufe der Schadstoffquellen zu identifizieren. Das Hauptziel von diesem Kapitel ist es aufzuzeigen, welche Luftsabstoffe die gesetzlichen Grenzwerte nicht einhalten und gleichzeitig mittels lokalspezifischer Massnahmen erfolgsversprechend und nachhaltig reduziert werden könnten.

Im Hauptkapitel 4 wird der jährliche Ausstoss derjenigen Luftsabstoffe dargestellt, welche auf der Immissionsseite den Grenzwert überschreiten. Die Bilanzierung erfolgt getrennt nach den wichtigsten Quellengruppen auf der Grundlage des kantonalen Emissionskatasters und anhand einer detaillierten Erhebung der Feuerungsanlagen in der Gemeinde Grono. Damit soll aufgezeigt werden, welche Quellengruppen zu welchem Anteil zu den Gesamtemissionen beitragen.

Hauptkapitel 5 präsentiert die Reduktionsziele. Im Vordergrund steht die Einhaltung der gesetzlichen Immissionsgrenzwerte, welche im Hauptkapitel 3 diskutiert wurden. Es wird ein Konzept vorgeschlagen, wie dieses Ziel erreicht werden kann.

Die dazu notwendigen Massnahmen werden im nachfolgenden Hauptkapitel 6 vorgestellt. Ausgehend von den bestehenden Massnahmen im Massnahmenplan Lufthygiene des Kantons Graubünden [1] werden neue Massnahmen diskutiert, deren Umsetzung das Erreichen der dargestellten Ziele ermöglicht. Die dazugehörigen Massnahmenblätter sind im Anhang 9 zu finden.

Hauptkapitel 7 fasst die Erkenntnisse des vorliegenden Untersuchungsberichts zusammen und gibt einen Ausblick, indem das weitere Vorgehen und die nächsten Schritte kurz beschrieben werden.

Der Hauptteil des Berichts wird mit einem Glossar abgeschlossen, welches die verwendeten Abkürzungen erklärt und das Literatur-, Abbildungs- und Tabellenverzeichnis enthält. Der nachfolgende Anhang zeigt verschiedene Details, welche die Aussagen im Bericht vervollständigt. Ebenfalls im Anhang sind der Bericht über die Umfrage in Grono sowie die Massnahmenblätter zu finden.

2. Gesetzliche und technische Grundlagen

2.1. Ziele der Luftreinhaltepolitik und Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung (LRV)

Die Ziele der eidgenössischen Luftreinhaltepolitik sind im Umweltschutzgesetz vorgegeben und in der Luftreinhalte-Verordnung definiert. Mit Hilfe eines *zweistufigen* Immissionsschutzkonzeptes sollen die festgelegten Immissionsgrenzwerte eingehalten bzw. erreicht werden.

- Die erste Stufe dient der *Vorsorge*. Mit Massnahmen an der Quelle sollen Luftverunreinigungen soweit begrenzt werden, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist, und zwar unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung.
- Mit der zweiten Stufe sind *übermässige Einwirkungen zu vermeiden*. Steht fest oder ist zu erwarten, dass durch verschiedene Emissionsquellen insgesamt übermässige Immissionen auftreten, so muss ein *Massnahmenplan* nach Art. 44a USG und Art. 31 ff. LRV erstellt werden. Dieser hat aufzuzeigen, wie die übermässigen Belastungen innerhalb der von der Verordnung vorgegebenen Zeiträume beseitigt werden sollen.

Im Bericht „Weiterentwicklung des Luftreinhalte-Konzeptes“ [17] werden für die ganze Schweiz Emissionsreduktionsziele angegeben. Als gesamtschweizerisches Emissionsziel für die Stickoxid- und VOC-Emissionen wird der Stand von 1960 angestrebt. Zur Einhaltung des Immissionsgrenzwertes (ökologisches Ziele) besteht für Feinstaub ein **Reduktionsbedarf der PM10-Emissionen von ca. 45% bezogen auf das Jahr 2000**. Im Feinstaub (PM10) finden sich auch krebserregende Stoffe. Dies sind zum Beispiel Russpartikel aus Dieselmotoren (Dieselruss) und aus Holzfeuerungsanlagen. Russpartikel sind bereits in geringer Konzentration gesundheitsgefährdend.

Der Massnahmenplan Lufthygiene ist zudem ein Mittel, um die Ziele des Bundesgesetzes für die Reduktion der CO₂-Emissionen zu erreichen. Die CO₂-Emissionen aus der energetischen Nutzung fossiler Energieträger sind bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 gesamthaft um 20% zu vermindern (Verpflichtung der Schweiz zur Einhaltung des Reduktionsziels gemäss Kyoto 1997). Kohlendioxid (CO₂) ist das Hauptprodukt jeder Verbrennung und ist das wichtigste anthropogen erzeugte klimawirksame Spurengas. Hauptquellen der CO₂-Emissionen sind Verbrennungsprozesse in Verkehr und Feuerungen.

Das bedeutet, dass alle Massnahmen in diesen Bereichen grosse Synergiepotentiale zwischen Luftreinhalte- und Klimapolitik aufweisen. Sie leisten sowohl einen Beitrag zur Senkung der Luftschadstoffemissionen (NO_x, PM10, usw.) als auch einen Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen.

2.2. Luftschadstoffe und deren Umwandlungsprozesse

Die Luftschadstoffemissionen aus den verschiedenen anthropogenen Quellen (Verkehr, Industrie und Gewerbe, Land- und Forstwirtschaft, Haushalte) wirken sowohl direkt als auch durch Umwandlungsprozesse auf unsere Umwelt.

Viele Probleme der Lufthygiene sind eng vernetzt. Dieselbe Quelle emittiert verschiedene Luftschadstoffe, welche ihre Wirkung nicht nur in unmittelbarer Umgebung der Emissionsquelle haben. Die Luftschadstoffe werden auch umgewandelt, weitläufig verfrachtet und können empfindliche

Rezeptoren weit von den Emissionsquellen entfernt belasten. Im Schema der Abbildung 1 sind einige Zusammenhänge für wichtige Leitschadstoffe in vereinfachter Form dargestellt.

In diesem vereinfachten Schema sind die sekundären Bildungsprozesse der Luftschatdstoffe nicht dargestellt. Insbesondere sind die photochemische Ozonbildung und die Bildung von sekundärem Feinstaub (PM10) aus Vorläuferschadstoffen von grosser Bedeutung. Ein weiterer hier nicht dargestellter Aspekt ist der Bezug der Luftverschmutzung zum Klimawandel. Einerseits sind die Prozesse in der Atmosphäre, die zur Bildung von Luftschatdstoffen führen, wetterabhängig (insbesondere Temperatur und Strahlung). Andererseits sind einige Luftschatdstoffe klimawirksam, insbesondere Russ, Methan (CH_4), Ozon und Lachgas (N_2O).

Ebenfalls nicht dargestellt sind die Auswirkungen der Luftschatdstoffe auf Materialien und Bauten.

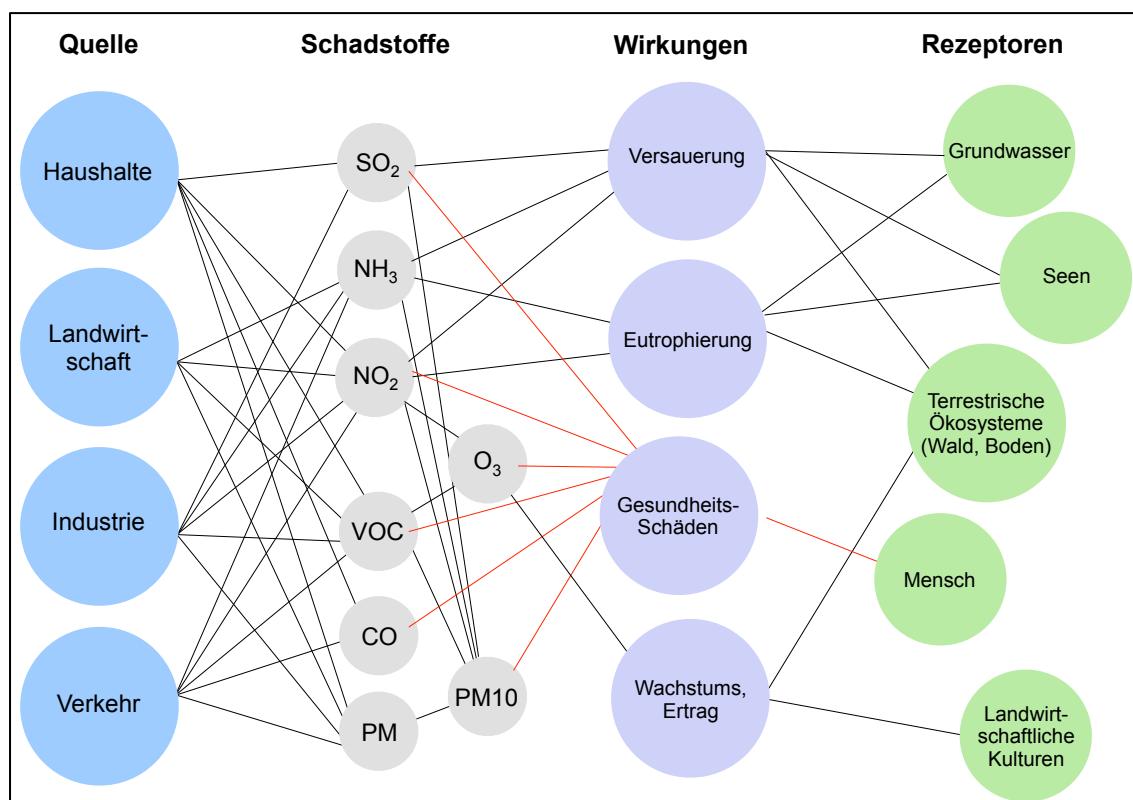


Abbildung 1 – Schematische Darstellung der vernetzten Beziehungen zwischen Emissionsquellen, Luftschatdstoffen, Wirkungen und Rezeptoren. SO₂: Schwefeldioxid, NH₃: Ammoniak, NO₂: Stickstoffdioxid, O₃: Ozon, VOC: flüchtige organische Verbindungen, CO: Kohlenmonoxid, PM: primärer Staub (wie Russ, Flugasche, Salzkristalle oder mineralische Teilchen), PM10: Feinstaub (mit sekundären Feinstaubanteilen).

Für die Gesundheit gibt es zusätzlich relevante Schadstoffe wie Benzol, persistente Kohlenwasserstoffe (im Schema unter VOC subsummiert), Schwermetalle und Russ (als Bestandteil des PM10) aus der Diesel- und Holzverbrennung.

Die Staubteilchen weisen vielfältige Formen auf (s. [13]) und bestehen aus unterschiedlichsten Verbindungen. Sie stammen aus vielen verschiedenen natürlichen und anthropogenen Quellen. Man findet in der Atmosphäre primäre Partikel wie Russ, Flugasche, Salzkristalle oder mineralische Teilchen, aber auch sekundär gebildete Anteile, welche sich in der Luft aus Vorläufergasen bilden.

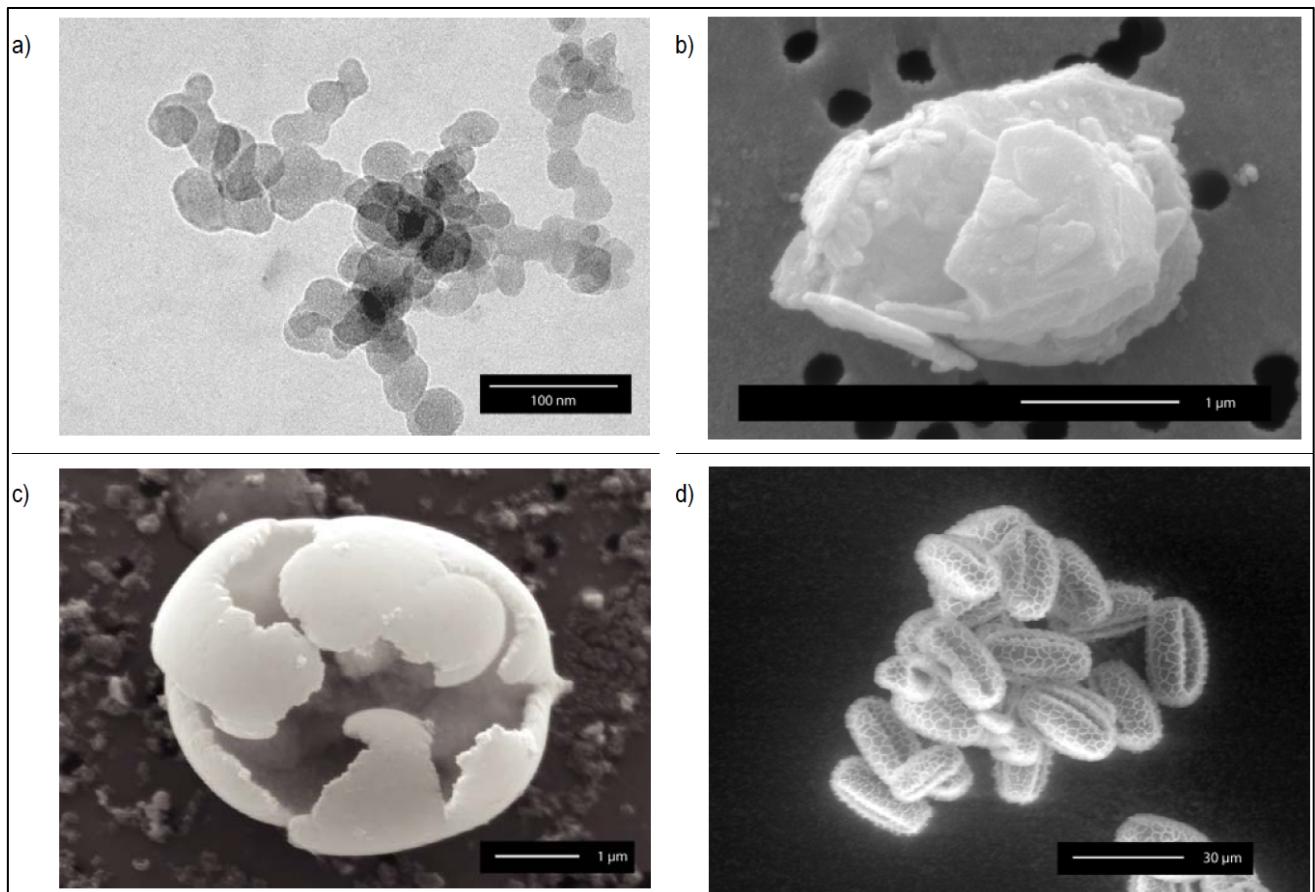


Abbildung 2 – Mikroskopische Aufnahmen [13]: a) Dieselrussagglomerat; b) mineralisches Partikel (Gesteinspartikel); c) Abriebpartikel der Eisenbahn und d) Pollen.

Wie Abbildung 3 zeigt, erstreckt sich die Grösse der Teilchen über verschiedene Zehnerpotenzen. In der Größenverteilung erkennt man drei Maxima (Modi) aus denen 3 Partikel-Kategorien hergeleitet werden können:

- Ultrafeine Partikel (Durchmesser unter 0.1 μm) entstehen direkt bei unvollständiger Verbrennung oder aus gasförmigen Vorläufern (Nukleationsmodus A).
- Feine Partikel (Durchmesser unter 2.5 μm) entstehen hauptsächlich aus kleineren Teilchen durch Adsorption von Gasen oder Koagulation (Akkumulationsmodus B).
- Große Partikel (Durchmesser zwischen 2.5 und 10 μm) werden meist mechanisch erzeugt (Sedimentationsmodus C).

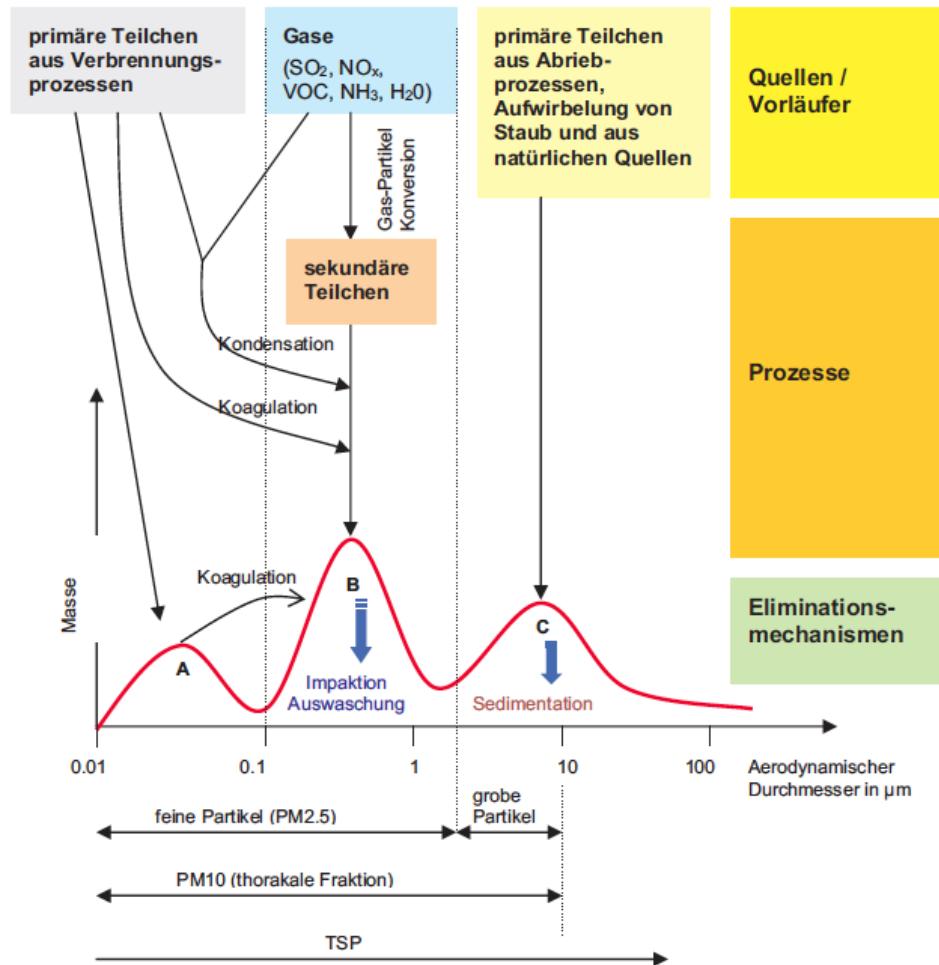


Abbildung 3 – Vereinfachte Darstellung der Größenverteilung der atmosphärischen Partikel in Quellennähe und deren wichtigste Bildungsprozesse [13]: A: ultrafeine Partikel, B: Akkumulationsmodus, C: grobe Partikel. PM10 ist die thorakale Fraktion, d.h. der Feinstaub, der über den Kehlkopf in die Bronchien und Alveolen gelangt.

Die Partikel mit einem Durchmesser unter 10 µm werden als PM10 bezeichnet. Diese Partikel können beim Einatmen die Nase passieren und in die Bronchien und Alveolen gelangen. Entsprechend bedeutet PM2.5 Partikel mit einem Durchmesser kleiner als 2.5 µm, PM1 Teilchen haben einen Durchmesser unter 1 µm. TSP ist die Abkürzung für «Total Suspended Particulate Matter» und umfasst alle in der Luft suspendierten Teilchen bis zu einem maximalen Durchmesser von ca. 40 µm.

Atmosphärische Partikel bilden ein komplexes Gemisch chemischer Stoffe. Meist besteht auch ein einzelnes Partikel nicht aus einem einzigen Stoff. Die massenmäßig wichtigsten chemischen Bestandteile des Aerosols sind im Folgenden ausgeführt.

Kohlenstoffhaltige Partikel (Total Carbon, TC)

Kohlenstoffhaltige Partikel machen einen Grossteil der feinen Partikel aus und können weiter in Fraktionen von elementarem Kohlenstoff (EC) und organischem Kohlenstoff (OC) klassifiziert werden:

- **Elementarer (schwarzer) Kohlenstoff**, abgekürzt EC (Elemental Carbon) bzw. BC (Black Carbon). Diese Partikel entstehen bei unvollständigen Verbrennungsprozessen, z.B. als Dieselruss. Atmosphärische Partikel dieser Art sind meist Agglomerate von Primärpartikeln und haben weitere Verbindungen adsorbiert.

- Organischer Kohlenstoff (OC, Organic Carbon) bzw. organische Kohlenstoffverbindungen (OM; Organic Material). Bei unvollständigen Verbrennungsprozessen (z.B. in Motoren oder bei der Holzverbrennung) entstehen gasförmige organische Verbindungen. Bei der Abkühlung der Abgase nukleieren die schweren flüchtigen Verbindungen oder kondensieren auf bestehenden Teilchen. Diese Partikel werden direkt freigesetzt und werden als primäre organische Aerosole (POA) bezeichnet. Außerdem können OC-Partikel auch in der Atmosphäre als sekundäre organische Aerosole (SOA) gebildet werden. SOA-Partikel entstehen nach der Oxidation von biogen emittierten Gasen wie Terpenen (vor allem von Nadelbäumen) und Isopren (von Laubbäumen) sowie von anthropogen emittierten Gasen wie zum Beispiel Aromaten (Toluol, Xylole).

Grobe Partikel können ebenfalls Kohlenstoff beinhalten, z.B. Pneuabrieb und aufgewirbeltes Material aus der Holzbearbeitung oder von Pflanzenbruchstücken (Pollen, usw.).

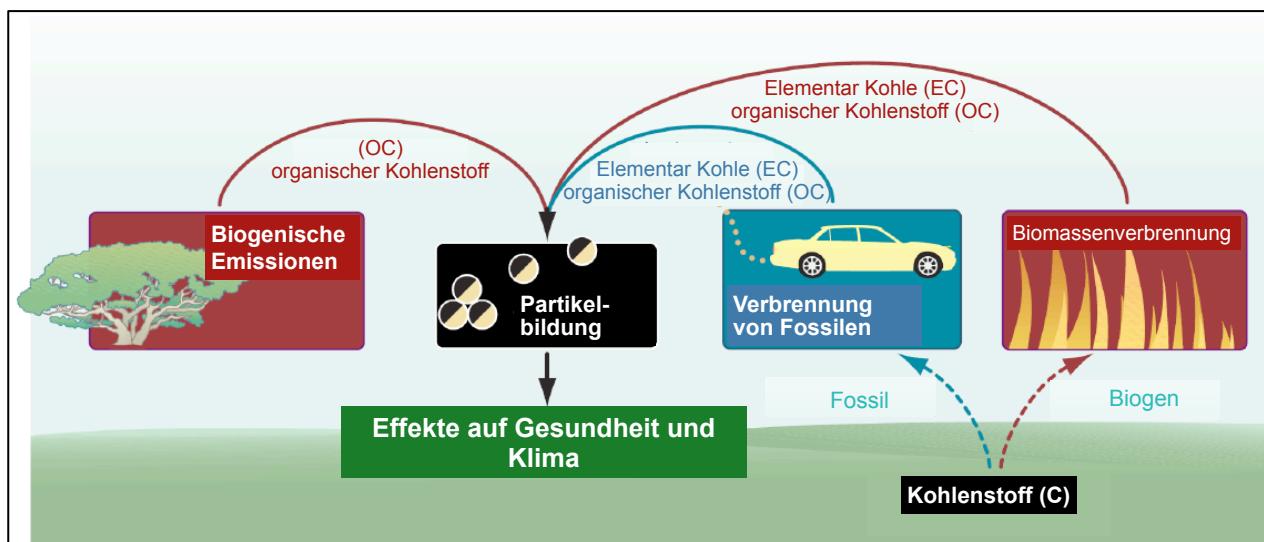


Abbildung 4 – Kohlenstoffhaltige Partikel sind ein Bestandteil des Feinstaubes PM10 [14]. Quellenzuordnung von OC und EC. Mit Hilfe einer ^{14}C -Datierung können diese Quellenbeiträge bestimmt werden.

Um die Beiträge der Quellen zum kohlenstoffhaltigen Feinstaub zu quantifizieren (Biomassenverbrennung, fossile Brennstoffe), kann im PM10 das radioaktive Kohlenstoff-Isotop ^{14}C (Halbwertszeit 5 730 Jahre) gemessen werden [15]. Die Methode nutzt die Eigenschaft, dass das ^{14}C in fossilen Brennstoffen zerfallen ist, in der Biomasse hingegen entspricht der Gehalt dem aktuellen ^{14}C -Gehalt in der Atmosphäre. So erlauben ^{14}C -Messungen eine Unterscheidung von fossilem und nicht-fossilem (biogenem) Material, d.h. die Ermittlung der Beiträge von Dieselmotoren und Holzverbrennungen am kohlenstoffhaltigen Feinstaub.

Ammoniumsulfate ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ und NH_4HSO_4) und Ammoniumnitrat (NH_4NO_3)

Ammoniumsulfat und Ammoniumnitrat bilden sich in der Atmosphäre als so genanntes sekundäres Aerosol aus den gasförmigen Vorläuferstoffen Ammoniak (NH_3) und durch Oxidation von Schwefeldioxid (SO_2) und Stickoxiden (NO_x). Die Partikel findet man überwiegend im Akkumulationsmodus (d.h. mit einem Durchmesser kleiner als 2.5 µm).

Mineralische Bestandteile (z.B. Aluminiumsilikate, Kalziumkarbonat, Gips)

Mineralische Bestandteile stammen von Baustellen, Kiesgruben, landwirtschaftlichen Aktivitäten (Feldbearbeitung) und von der Aufwirbelung von Strassen- oder Bodenstaub. Episodenweise können auch Sandpartikel mit der Luft aus der Sahara bis in die Schweiz getragen werden.

Metalle

Metalle stammen vom Abrieb (z.B. Schiene, Fahrleitungsdrähte oder Bremsabrieb bei Strassenfahrzeuge), von industriellen Prozessen (z.B. Metallindustrie) oder aus Feuerwerken.

Die Konzentration und mittlere Zusammensetzung des PM10 variiert je nach Nähe zu den Schadstoffquellen. Das Joint Research Center der Europäische Kommission hat eine Übersicht über die Zusammensetzung des Aerosols an verschiedenen europäischen Messstationen veröffentlicht [16]. Wie Abbildung 5 zeigt, haben Hintergrundstandorte (entfernt von Ballungsräumen und Industrie) geringe PM10-Konzentrationen. Das PM10 besteht hauptsächlich aus Meersalz und Sulfat (aus anthropogenen Quellen). Die höchsten Konzentrationen werden an städtischen Verkehrsachsen gefunden. PM10 besteht dort zu einem beträchtlichen Teil aus elementarem Kohlenstoff und organischen Verbindungen, welche durch die Motoren emittiert werden, sowie aus mineralischem Material, welches die Fahrzeuge abreiben und aufwirbeln. Die sekundär gebildeten Ammoniumsalze werden an allen Standorten beobachtet. Die Zusammensetzung widerspiegelt die unterschiedlichen Quellenanteile an verschiedenen Standorten. So fallen zum Beispiel bei den Strassenschluchtstandorten gewisse Differenzen der ausländischen Stationen im Vergleich zu Bern auf. In Wien ist der Russanteil sehr hoch. Österreich hat einen hohen Anteil an Dieselfahrzeugen. In Barcelona, mit einem gegenüber der Schweiz trockeneren Klima ist der Mineralstaubanteil im PM10 hoch. Dies weil dort auch häufig Saharastaubeinträge auftreten. Die Messstandorte in Belgien, Finnland und Norwegen liegen nahe der Küste und weisen daher hohe Meersalzanteile auf.

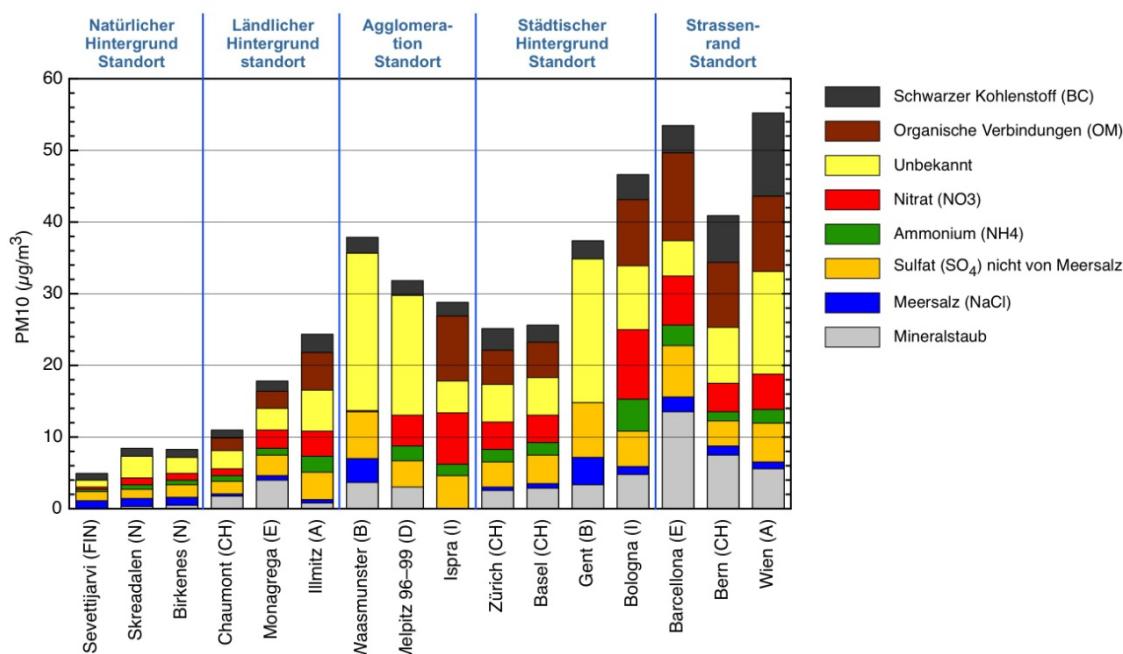


Abbildung 5 – Zusammensetzung von PM10 an verschiedenen europäischen Messstationen.

2.3. Auswirkungen von Feinstaub auf die Gesundheit

Die verschiedenen Größenfraktionen (PM10, PM2.5, ...) und die unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen der Staubpartikel haben auch unterschiedliche gesundheitliche Auswirkungen zur Folge (für eine Zusammenfassung der Studien wird auf [13] verwiesen).

Insbesondere beeinflusst die Größe der Staubpartikel die Depositionsmechanismen und damit die Ablagerung der Partikel in unserem Atemtrakt:

- Grobe Partikel können an den Verzweigungen des Bronchialbaums aufgrund ihrer Masse und Trägheit der Richtungsänderung dem Luftstrom nicht folgen und werden durch Impaktion deponiert.
- Feine Partikel setzen sich – besonders in den tiefen Lungenbereichen mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten – durch Gravitationskräfte auf der Schleimhaut ab.
- Ultrafeine Partikel (mit Durchmesser < 1 µm) können nach zufälliger Kollision und Abbremsung an einem anderen Molekül des Atemstroms an den Alveolenwänden abgeschieden werden. Von dort gelangen sie teilweise ins Blut.

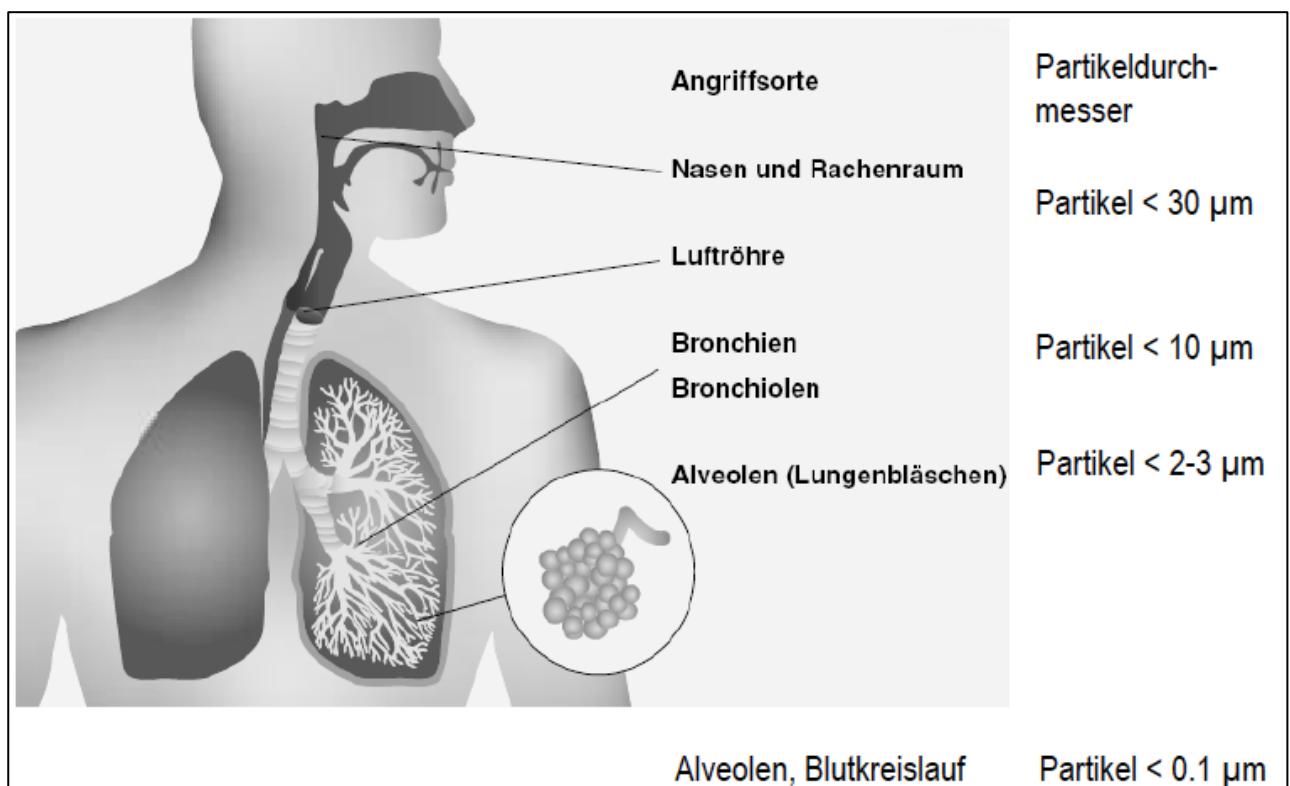


Abbildung 6 – Ablagerung der Partikel im Atemtrakt des Menschen.

Andere toxikologisch wichtige Eigenschaften von Feinstaub sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Physikalische Eigenschaften	Chemische Eigenschaften
Masse	Zusammensetzung
Zahl	Säuregehalt (pH)
Oberfläche	Löslichkeit
Aerodynamische Grösse	Wasserbindungsvermögen
Verhältnis Länge zu Durchmesser	Erzeugung von Sauerstoffradikalen
Elektrische Ladung	

Tabelle 1 - Toxikologisch wichtige Schwebestaubcharakteristika.

2.3.1. Kurzfristige Zusammenhänge von Feinstaub und Gesundheit

Todesfälle

Die multizentrische europäische Studie APHEA 2 zur Untersuchung der täglichen Sterblichkeit und deren Zusammenhang mit einer kurzfristigen Erhöhung der PM10-Konzentration zeigte eine Zunahme der Sterblichkeit von insgesamt etwa 0.6% pro Anstieg der PM10-Konzentration um $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ während des Vortages.

Spitaleintritte, Symptome und Medikamenteneinnahme

Höhere Feinstaubbelastungen gehen mit mehr Spitaleintritten und mit mehr Notfallkonsultationen wegen Herz-/Kreislaufkrankheiten und Atemwegserkrankungen einher. Die Studie APHEA mit Resultaten aus acht europäischen Städten zeigte eine Zunahme der Eintritte wegen Herz- und Kreislaufkrankheiten von 0.5% und eine Zunahme der Eintritte wegen Atemwegserkrankungen bei älteren Personen und wegen Asthma bei jüngeren Personen und bei Kindern von etwa 1%, falls die PM10-Konzentration des Vortages gegenüber dem Stichtag um $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ angestiegen war.

2.3.2. Langfristige Zusammenhänge von Feinstaub und Gesundheit

Sterblichkeit, Lebenserwartung

Der Einfluss der Feinstaubbelastung auf die Sterblichkeit wurde im Rahmen von verschiedenen Kohortenstudien untersucht. Die unterschiedlichen Feinstaubkomponenten (PM2.5, PM10, ...) wurden in Beziehungen mit der Lebenserwartung gesetzt. Z.B. zeigte eine amerikanische Studie (1982-1988) mit einer Mustersammlung von über 500 000 Personen [21], dass eine Zunahme von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der PM2.5-Belastung eine Erhöhung von 6% in der Sterblichkeit zur Folge hat. In Kombination mit Herz-Lungen Krankheiten hat man eine zusätzliche Sterblichkeit von 9% pro $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5 festgestellt.

Da in der Schweiz ca. 75% der PM10-Masse aus PM2.5 besteht und da die beiden Parameter gut korrelieren [13], gelten ähnliche Effekte auch für PM10.

Langfristiges Risiko für Krankheiten

Aus Schweizer Studien (s. Abbildung 7 und Abbildung 8) ist bekannt, dass die an den offiziellen Messstationen erfassten PM10-Immissionen mit verminderter Lungenfunktion bei Erwachsenen (SAPALDIA, [19]) und mit nicht-allergischen Atemwegssymptomen und Erkrankungen bei Kindern und Erwachsenen einhergehen.

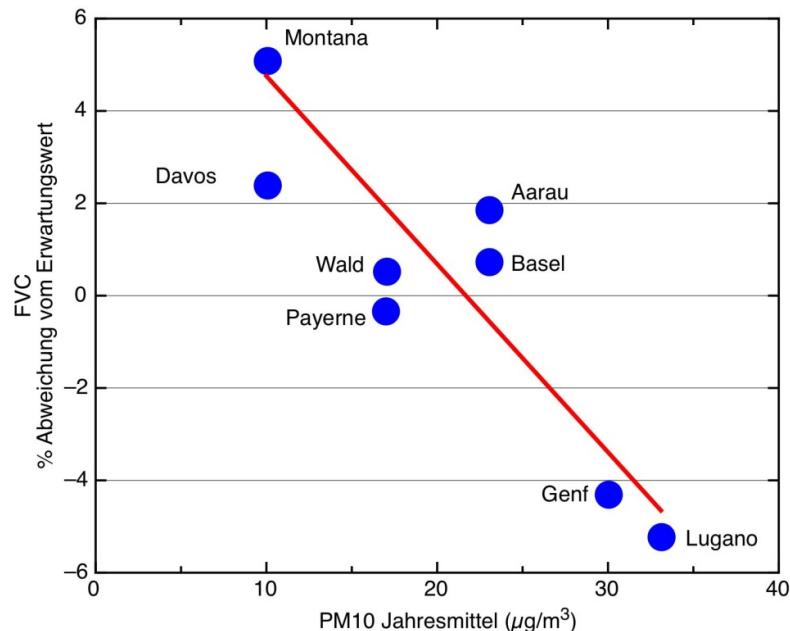


Abbildung 7 – PM10-Jahresmittel und Lungenfunktion bei Erwachsenen in der Schweiz (SAPALDIA Studie) [19].

Die neusten Analysen der Schweizer Schulkinderuntersuchungen konnten zudem den Rückgang von infektiösen Atemwegskrankheiten und Reizsymptomen parallel zur Abnahme der PM10-Belastung nachweisen (SCARPOL [20], Abbildung 8).

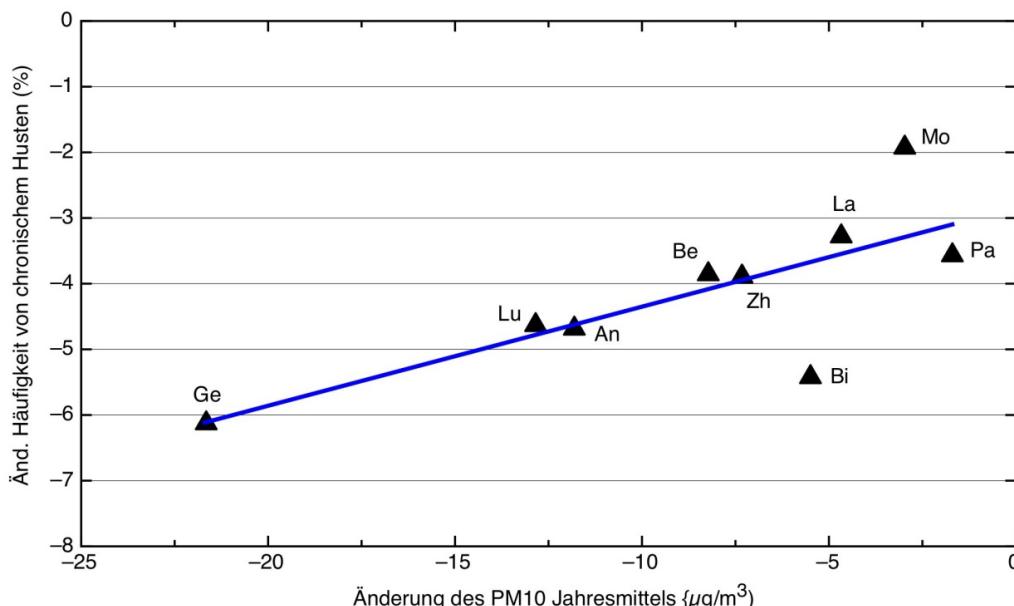


Abbildung 8 – Abnahme der PM10-Belastung und Rückgang der Häufigkeit von chronischem Husten bei Schweizer Schulkindern von 1992/93 bis 1998/2001 (SCARPOL Studie) [20].

Langfristiges Risiko für Lungenkrebs

Aus arbeitsmedizinischen Untersuchungen ist das Risiko bestimmter partikelförmiger Luftverunreinigungen wie künstliche Fasern, kristalline Silikate, Dieselabgase, polzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe oder Asbest für Lungenkrebs bekannt.

Auf Basis der Evidenz für die Karzinogenität durch Dieselabgase bei experimentell exponierten Tieren und aufgrund der Hinweise von arbeitsmedizinischen Studien für die Karzinogenität bei Menschen, werteten die Weltgesundheitsorganisation (WHO – World Health Organization) und IARC (International Agency for Research on Cancer) im Jahr 1998 Dieselabgas als für Menschen wahrscheinlich karzinogen (Gruppe 2A, IARC). Die wissenschaftliche Evidenz der Karzinogenität von Dieselruss wurde im Juni 2012 von der IARC aufgrund der Ergebnisse von neuen amerikanischen epidemiologischen Studien [22] auf Arbeitergruppen neu bewertet. Die IARC kam zum Schluss, dass **Dieselabgas eine Ursache von Lungenkrebs** (genügende Evidenz) ist und klassifizierte Dieselruss neu in der Gruppe 1 (für Menschen karzinogen).

Die mit der Feinstaubbelastung assoziierten gesundheitlichen Folgen sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Pathophysiologisch	Örtliche Entzündungserscheinungen in den Atemwegen
	Hemmung der Abwehrfunktion der Alveolarmakrophagen
	Förderung der allergischen Disposition
	Veränderungen der Herzfrequenzvariabilität
	Veränderungen von Bluteigenschaften
	Veränderungen der Gefässendothelfunktion
Kurz- und mittelfristige Folgen	Verschlechterung des Befindens bei Personen mit Asthma und chronischer Bronchitis
	Häufung von Infektionskrankheiten der Atemwege bei Kindern
	Zunahme der Spitäleintritte wegen Atemwegserkrankungen
	Zunahme der Spitäleintritte wegen Herz-/Kreislaufkrankheiten
	Höhere Sterblichkeit von Säuglingen an Atemwegskrankheiten
	Zunahme der Sterbefälle wegen kardiopulmonalen Krankheiten
Langfristige Folgen	Verschlechterung der Lungenfunktion
	Häufigeres Vorkommen von chronischer Bronchitis
	Grössere Sterblichkeit an Herz-/Kreislauf- und Atemwegskrankheiten
	Grössere Sterblichkeit an Lungenkrebs

Tabelle 2 - Zusammenstellung der mit der Feinstaubbelastung assoziierten gesundheitlichen Folgen.

3. Immissionssituation

3.1. Immissionsgrenzwerte

Mit der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vom 16. Dezember 1985 liegen die Grundlagen für einen wirksamen Immissionsschutz vor. Als Mass für die zu erreichende Luftqualität dienen die Immissionsgrenzwerte (IGW) der LRV. Für die wichtigsten Luftschaadstoffe sind die Immissionsgrenzwerte in Tabelle 3 zusammengefasst.

Luftschaadstoff	Abkürz.	Jahresmittel	95 %-Wert der ½-h-Mittelwerte des Jahres	98 %-Wert der ½-h-Mittelwerte des Monats	Maximaler 24-h- Mittelwert	Maximaler 1-h- Mittelwert
Stickstoffdioxid	NO ₂	30	100		80	
Ozon	O ₃			100		120
Feinstaub	PM10	20			50	
Kohlenmonoxid	CO				8'000	

Tabelle 3 - Immissionsgrenzwerte nach Anhang 7 LRV in ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Die schweizerische Gesetzgebung definiert keine IGW für **krebsfördernde Luftschaadstoffe** wie Russ oder polyzyklische aromatische Verbindungen (PAH), da keine Unbedenklichkeitsschwelle existiert. Für diese Substanzen, welche in den verschiedenen Arten von Feinstaub vorkommen, bestehen besondere Vorschriften: Gemäss Art. 11 Abs. 2 des Umweltschutzgesetzes (USG) gilt für diese Komponenten das **Minimierungsgebot**. D.h. eine verschärzte Emissionsbegrenzung muss in diesen Fällen im Rahmen der Verhältnismässigkeit aber ohne Rücksicht auf die technische Machbarkeit und auf die wirtschaftliche Tragbarkeit stattfinden.

Innerhalb des Luftmessnetzes des Kantons Graubünden werden an verschiedenen Standorten im Unterer Misox u.a. Stickstoffdioxid (NO₂), Ozon (O₃), Feinstaub (PM10) und Kohlenstoffmonoxid (CO) gemessen. Die Abbildung 9 zeigt die höchsten Messwerte dieser Luftschaadstoffe in Prozent der entsprechenden IGW für das Messjahr 2011 (Messwerte von Passivsammelmessstellen und von kontinuierlich messenden Stationen).

Trotz beachtlicher Erfolge ist auch im Unterer Misox das Ziel einer guten Luftqualität noch nicht erreicht. Dies belegen die immer noch gemessenen Grenzwertüberschreitungen bei den Luftschaadstoffen Ozon (O₃) und Feinstaub (PM10).

Der IST-Zustand der Luftbelastung und deren Entwicklung im Unterer Misox wird in den nächsten Abschnitten im Detail beschrieben. Dabei werden insbesondere Ozon, Feinstaub und Stickstoffdioxid (eine wichtige Vorläufersubstanz von Ozon und zum Teil auch von PM10) analysiert.

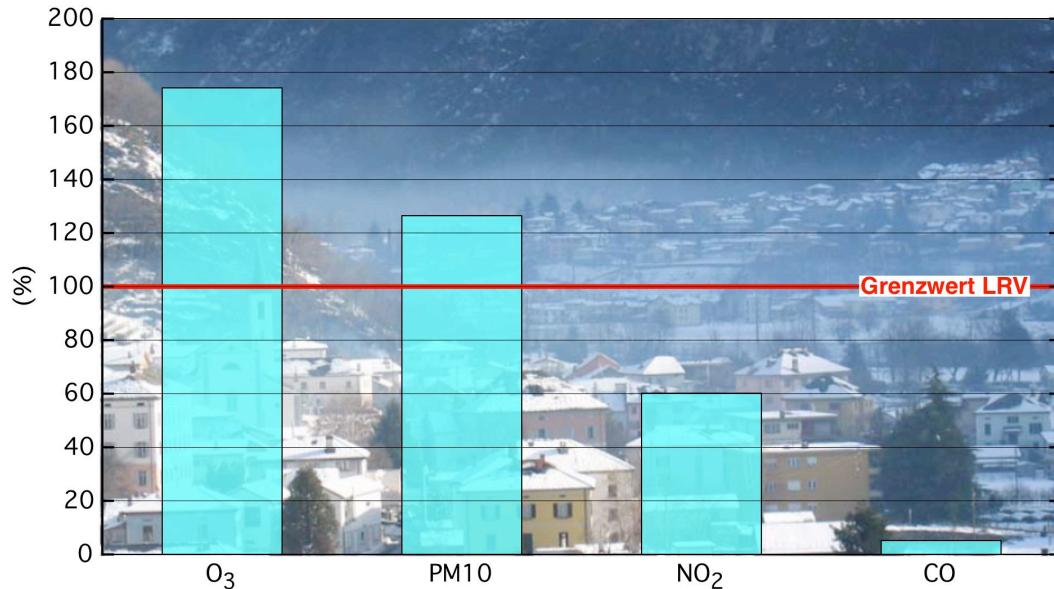


Abbildung 9 – Luftqualität im Unteren Misox, 2011. Prozentuale Darstellung der höchsten Belastung im Vergleich zum Immissionsgrenzwert (IGW).

3.2. Stickstoffdioxidbelastung (NO₂)

Die NO₂-Konzentrationen werden im Unteren Misox bei der Messstation San Vittore und mit verschiedenen Passivsammlern (s. Anhang 1) gemessen. Im Unteren Misox hat die NO₂-Belastung während der letzten 15 Jahre kontinuierlich (im Durchschnitt um ca. 20%) abgenommen. Das lässt sich in Abbildung 10 anhand der mittleren Entwicklung von wenig und mittel belasteten Standorten zeigen.

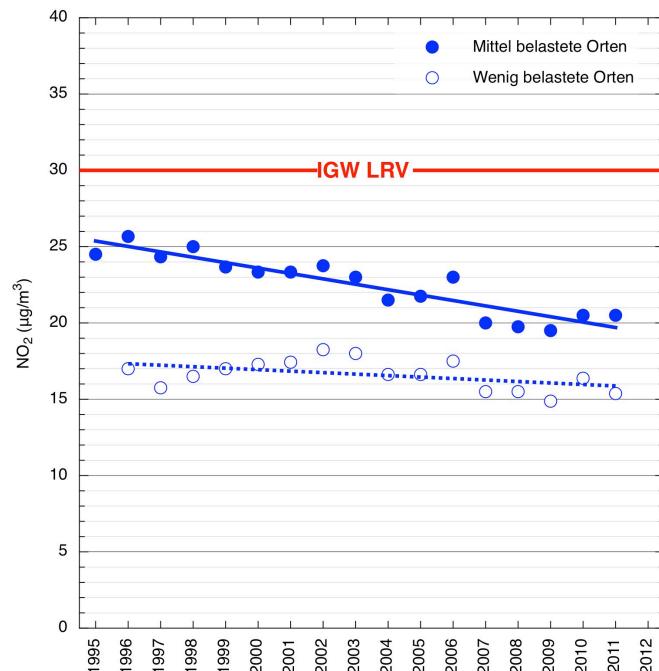


Abbildung 10 – Entwicklung NO₂-Konzentrationen im Unteren Misox. Die Messpunkte wurden in 2 Gruppen je nach langjähriger mittlerer Belastung (< oder \geq 20 µg/m³) getrennt. Für jede Gruppe wurden die Jahresmittelwerte berechnet.

Die NO₂-Immissionen liegen im Unteren Misox meistens deutlich unter dem Jahresmittelgrenzwert. In kleinen Abständen (ca. 10 m) von der A13 werden jedoch höhere NO₂-Konzentrationen gemessen. Der IGW bleibt aber eingehalten. Abbildung 11 zeigt, wie die NO₂-Belastung rasch mit zunehmendem Abstand von der Autobahn A13 abnimmt, bis die Hintergrundbelastung (ca. 18 µg/m³) erreicht wird.

Der Einfluss der Autobahn A13 auf die NO₂-Belastung wirkt sich hauptsächlich in einem Streifen von ca. 150 m auf beiden Seiten der Strasse aus. In grösseren Abständen ist der Beitrag der A13 kleiner als 1 µg/m³ (im Jahresmittelwert).

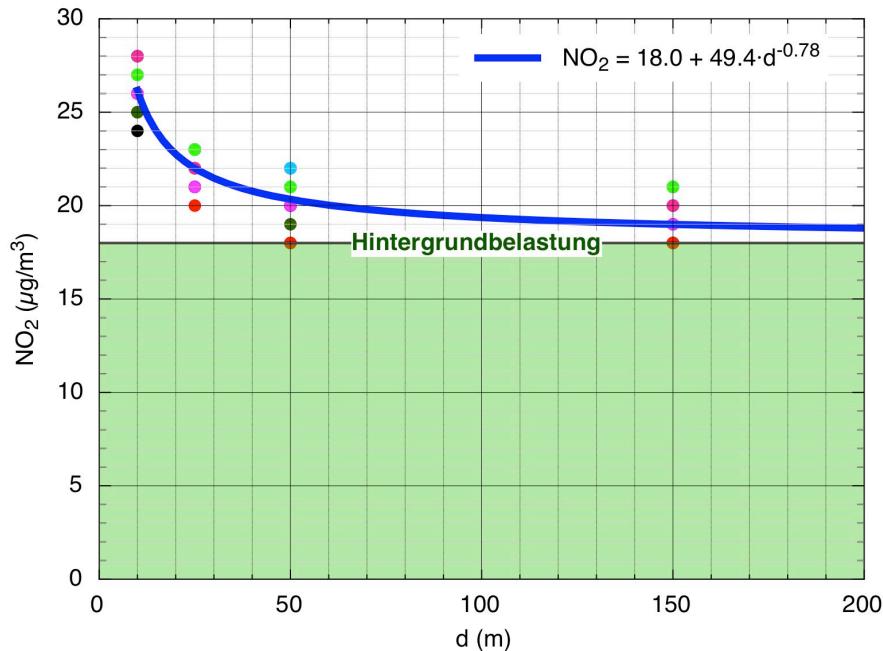


Abbildung 11 – Profil der NO₂-Konzentrationen quer zur A13 im Unteren Misox (Jahresmittelwerte). Die verschiedenen Punkte beziehen sich auf verschiedene Jahre (zwischen 1999 und 2011). Die blaue Kurve zeigt die mittlere räumliche Ausdehnung.

Erkenntnis 1:

Die Grenzwerte der LRV werden für Stickstoffdioxid (NO₂) praktisch überall eingehalten.

3.3. Feinstaub (PM10)

Seit 1998 gelten für Feinstaub (PM10) Immissionsgrenzwerte. Sowohl der Jahresmittel- als auch der Tagesmittelgrenzwert werden im Unteren Misox überschritten. In San Vittore wurde im Jahr 2011 eine mittlere Jahresbelastung von 26 µg/m³ gemessen. Gleichzeitig wurde der 24-Stunden IGW während 57 Tagen überschritten. Wenn man diese zwei Indikatoren (Jahresmittel und Anzahl Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwertes) für die PM10-Belastung mit denjenigen von anderen Ortschaften auf der Alpen-Südseite vergleicht, erkennt man für San Vittore eine besondere Situation (s. Abbildung 12): im Vergleich zu einem typischen “Alpen-Südseite Verhalten” ist im Unteren Misox die PM10-Belastung deutlich erhöht.

Erkenntnis 2:

Die PM10-Belastung ist im Unteren Misox auf eine spezifische lokale Situation zurückzuführen (viele Holzfeuerungen, schlechte Durchlüftung). Das Verbesserungspotential durch lokale Massnahmen ist daher beträchtlich.

Auch die Entwicklung der PM10-Belastung (s. Abbildung 13) weist auf eine spezielle Situation im Unteren Misox hin: In Lugano und Magadino (zwei Ortschaften mit ganz unterschiedlichen Belastungen) zeigt der Trend, dass der IGW für das PM10-Jahresmittel unter Umständen schon in den nächsten Jahren eingehalten werden kann. Dagegen wird es in San Vittore ohne weitere Massnahmen wesentlich länger dauern, bis dieses Ziel erreicht wird.

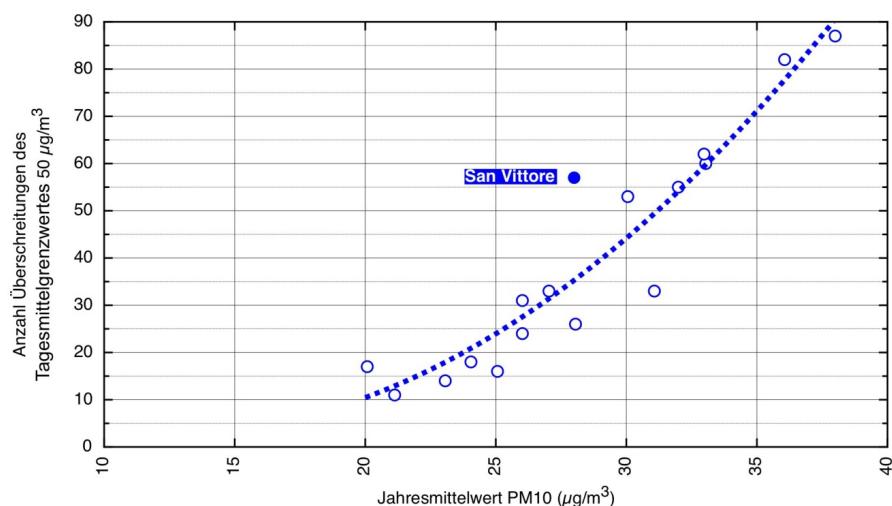


Abbildung 12 – Anzahl Überschreitungen des PM10-Tagesmittelgrenzwertes als Funktion des Jahresmittelwerts (Jahr 2011). San Vittore (blau ausgefüllter Punkt) zeigt im Vergleich mit anderen Ortschaften auf der Alpen-Südseite (blau umrandete Punkt) ein spezielles Verhalten.

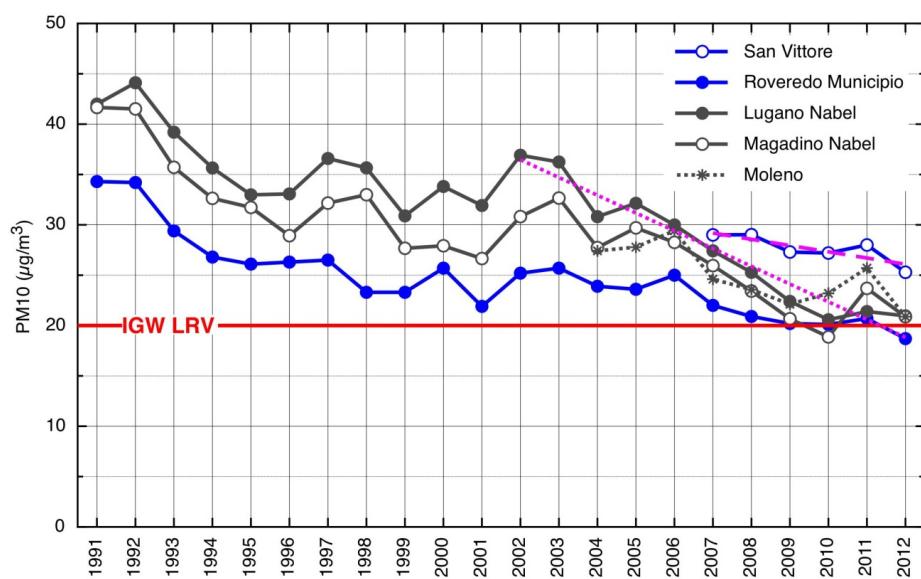


Abbildung 13 – Entwicklung der PM10-Jahresmittel im Unteren Misox im Vergleich zu anderen Ortschaften. Die horizontale rote Linie zeigt den IGW für das Jahresmittel. Ab 2008 sind die PM10-Werte für Roveredo aus denjenigen von San Vittore berechnet (Faktor von 0.73). In Lila werden die aktuellen Trends in Lugano (punktierter Kurve) und San Vittore (gestrichelte Kurve) gezeigt.

Um die Ursachen dieser hohen PM10-Belastung besser zu verstehen, ist es lehrreich das Konzentrationsverhalten in kürzeren Perioden (Tagen) zu betrachten. Aufgrund der hohen Anzahl an Daten (365 Tage im Jahr) benötigt eine solche Vorgehensweise aber eine spezielle Prozedur, um die sich wiederholenden Merkmale (saisonale Variationen der Klimabedingungen und der Emissionen) herauszufiltern. Mit Hilfe eines Gruppierungsverfahrens (s. [9]) ist es möglich, die Tage mit ähnlichen Tagesgängen der Schadstoffkonzentrationen in Cluster zu gruppieren.

Abbildung 14 zeigt das Ergebnis der Clusteranalyse für Feinstaub in San Vittore (Jahr 2011). Für jedes Cluster ist der auf allen Clusterelementen berechnete mittlere Tagesgang (Centroid) mit den statistischen Streuungen (Standardabweichung) graphisch dargestellt. Die polaren Diagramme in der oberen rechten Ecke der graphischen Darstellungen, zeigen die in die Cluster fallenden Tage mit Hilfe von (roten) Segmenten: sie drehen sich im Uhrzeigersinn ausgehend von der Position "3 Uhr" für den 1. Januar.

Insgesamt fallen 337 Tage in 6 Cluster, wobei sich davon 4 auf die kalten Perioden beziehen und hohe PM10-Werte zeigen (Cluster 5, 6, 7 und 15). Die 73 Tage in diesen Clustern liefern einen entscheidenden Beitrag zur chronischen Jahresbelastung. Der Tagesverlauf der PM10-Konzentrationen ist durch die Emissionen und die meteorologischen Bedingungen bestimmt. Typischerweise herrscht in den Wintermonaten – insbesondere am Morgen – eine ausgeprägte Inversionslage [10]. Diese ist dafür verantwortlich, dass am Morgen sofort mit dem Einsetzen der menschlichen Aktivitäten die PM10-Immissionen zunehmen. Im Winter löst sich die Inversionslage am Talboden nur *partiell* auf und aufgrund der zunehmenden Emissionen (von Feuerungen und Verkehr) werden am Nachmittag besonders hohe Werte gemessen (s. Cluster 5, 6 und 7).

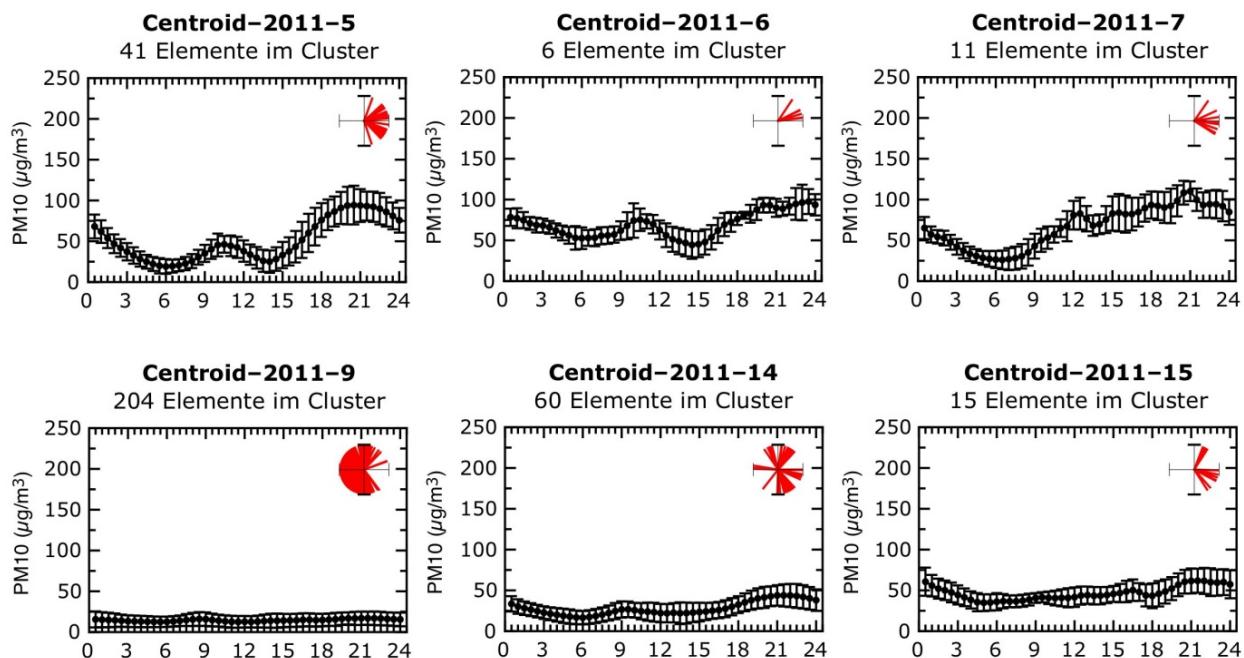


Abbildung 14 – Typische PM10-Tagesgänge in San Vittore (2011) aus der Cluster-Analyse. Die Fehlerbalken zeigen die statistische Streuung für jeden Halbstundenmittelwert. Das polare Diagramm in der oberen rechten Ecke zeigt mit roten radialen Segmenten die Tage im Cluster: ein Segment um "3 Uhr" bedeutet 1. Januar, um "6 Uhr" 1. April, um "9 Uhr" 1. Juli und um "12 Uhr" 1. Oktober.

Der typische winterliche PM10-Tagesgang (Cluster 7) kann mit den Ergebnissen von früheren Partikelmessungen des Paul Scherrer Instituts (PSI) [11] im Winter 2004/2005 verglichen werden.

In der Abbildung 15 wird der Tagesverlauf (schwarze Punkte) von San Vittore gemäss Cluster 7, der typisch für Dezember und Januar ist,¹ mit den Ergebnissen der Messungen von 2004/2005 in Roveredo verglichen. Die blaue Kurve zeigt den Verlauf des PM10 in Roveredo. Es ist zu beachten, dass die entsprechende Skala (s. rechte y-Achse mit maximalem Wert 60 µg/m³) genau der Hälfte der für San Vittore verwendeten Skala entspricht (s. linke y-Achse mit maximalem Wert 120 µg/m³). Beeindruckend ist das sehr ähnliche Verhalten der beiden Konzentrationsverläufe.

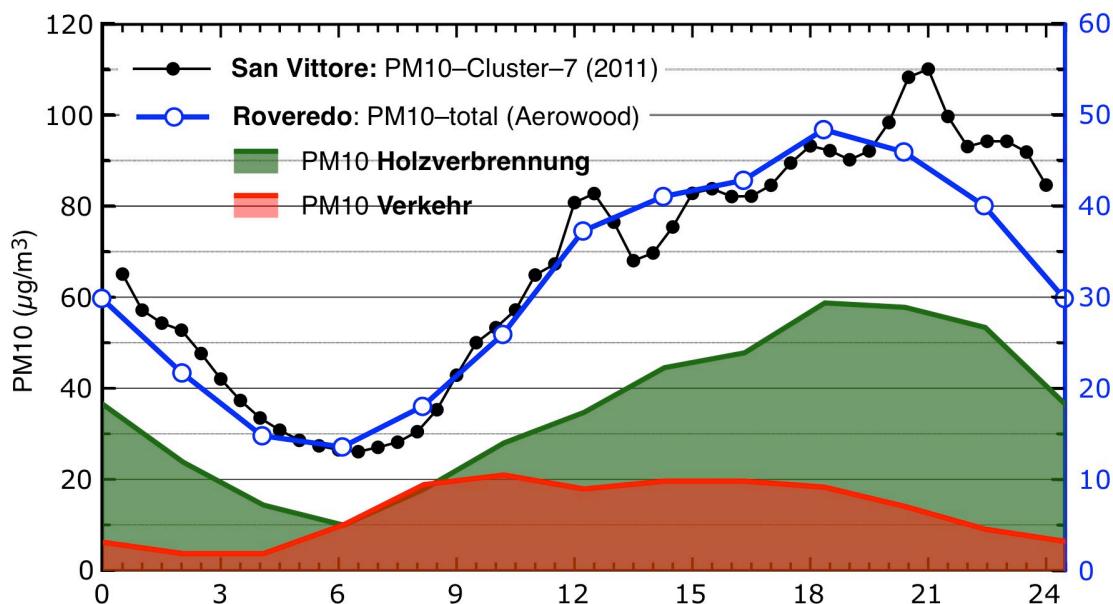


Abbildung 15 – Vergleich zwischen dem typischen Winter (2011) PM10-Tagesgang (Cluster 7) in San Vittore (schwarze Punkte, linke Skala) und den PM10-Messungen in Roveredo (13.12.2004 - 24.1.2005) [11]; die gesamten PM10-Konzentrationen (blaue Kurve) ergeben sich aus der Summe der kohlenstoffhaltigen Beiträge des Verkehrs (rote Fläche) und der Holzverbrennung (grüne Fläche). Alle Messungen in Roveredo beziehen sich auf die rechte Skala.

Mittels der ¹⁴C-Analysenmethode gelang es den Forschern des PSI, die fossile und nicht-fossile elementare und organische kohlenstoffhaltige Partikelmasse (EM und bzw. OM) aufzuteilen. Durch eine Korrelationsanalyse mit anderen Tracern (Levoglucosan) konnte der nicht-fossile Beitrag hauptsächlich den Holzfeuerungen zugeordnet werden. In Abbildung 15 sind auch die kohlenstoffhaltigen Beiträge des Verkehrs (rote Fläche) und der Holzfeuerungen (grüne Fläche) dargestellt. Man beachte, dass die Summe dieser Beiträge nicht die gesamte Partikelmasse ergeben, sondern nur die totale Masse von kohlenstoffhaltigen Komponenten des Feinstaubes (in diesem Fall rechnet man, dass diese zu ca. 78% an die gesamte Partikelmasse beitragen). Die Abbildung zeigt, wie im Gegensatz zum Verkehrsbeitrag, derjenige der Holzfeuerungen im Tagesverlauf zunimmt. Dieses Verhalten des Holzfeuerungsbeitrages kann mit der Benützung der Holzfeuerungen und insbesondere mit dem Anfeuern der Zweitfeuerungen am Abend erklärt werden. Es ist ein klarer Hinweis der Bedeutung der Holzfeuerungen auf die PM10-Belastung im Unteren Misox.

¹ Im Cluster 7 sind folgende Tage enthalten: 28. November, 29. November, 1. Dezember, 11. Dezember, 23. Dezember, 26. Dezember, 27. Dezember, 28. Dezember, 9. Januar, 25. Januar, 25. Februar.

Die Abbildung 16 zeigt die Analyse-Ergebnisse von 10 Filterproben, die in der Periode Januar-März 2005 (je 5 für den Morgen und den Abend) im Unterem Misox und in der Leventina gesammelt wurden.

In **Moleno (Leventina)** stellt man einen beträchtlichen fossilen Anteil an der Partikelmasse fest. Insbesondere ist der elementare Kohlenstoff (Russ) aus dem Verkehr deutlich höher als derjenige aus der Holzfeuerung.

In **Roveredo** ist *im Januar* am Morgen hingegen der Russanteil aus dem Verkehr etwas höher als derjenige von den Holzfeuerungen. Am Abend ist der Beitrag der Holzfeuerungen etwa gleich gross. Die organische Partikelmasse ist deutlich grösser als die elementare Kohlenstoffmasse und wird durch die Holzfeuerungen dominiert. Die fossilen Quellen tragen am Morgen nur etwa 1/4 bis 1/5 und am Abend sogar weniger als 1/8 zur gesamten kohlenstoffhaltigen Partikelmasse (EM+OM) bei. Dieses Ergebnis zeigt, dass die kohlenstoffhaltige Partikelmasse in Roveredo von den Holzfeuerungen dominiert wird. Im etwas wärmeren März wird der fossile Beitrag in Roveredo am Morgen dominant (etwa 2/3), während am Abend immer noch die Beiträge der Holzfeuerungen deutlich grösser sind (ähnlich wie im Januar). Dies kann mit dem Anfeuern der Zweitfeuerungen (aus Komfort-Bedürfnissen) erklärt werden.

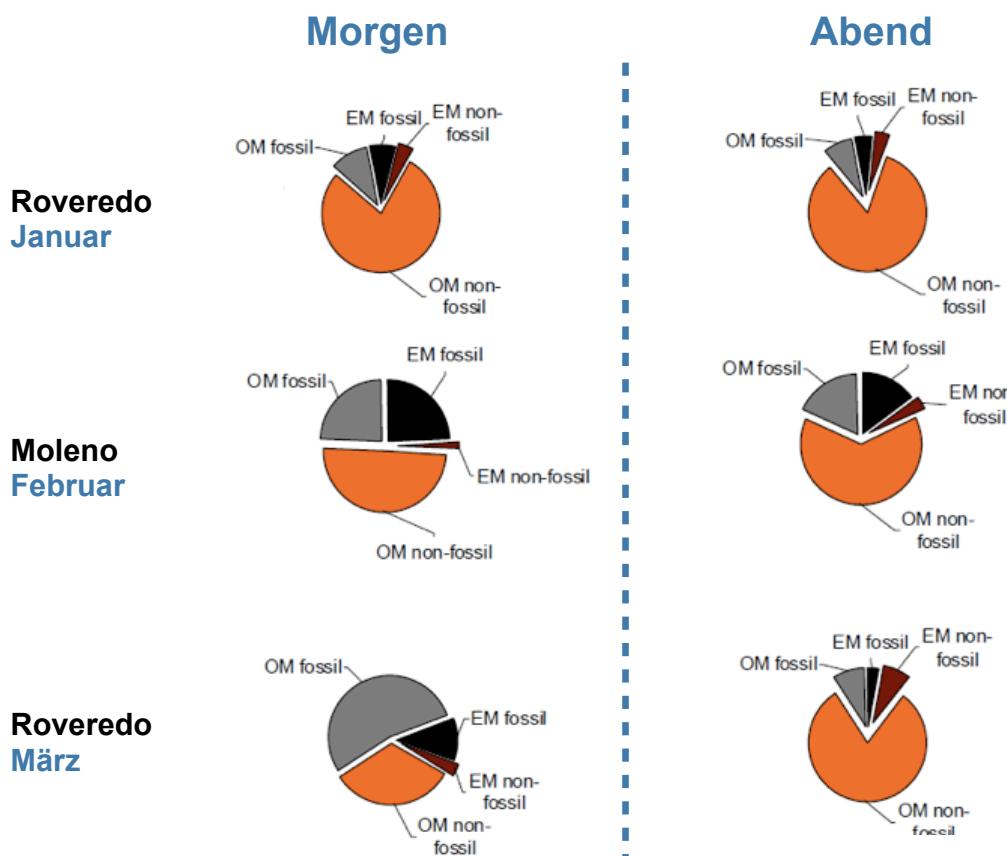


Abbildung 16 – Kohlenstoffhaltige Partikemasse: elementare (EM) und organische Partikemasse (OM) unterteilt in fossile (hauptsächlich aus dem Verkehr) und nicht-fossile (hauptsächlich von den Holzfeuerungen) Anteile. Die Ergebnisse beziehen sich auf die Periode Januar bis März 2005 in Roveredo (Unteres Misox) und Moleno (Leventina). Es ist zu bemerken, dass es sich um relative Darstellungen handelt. Die absoluten Werte sind für die 10 Stichproben unterschiedlich.

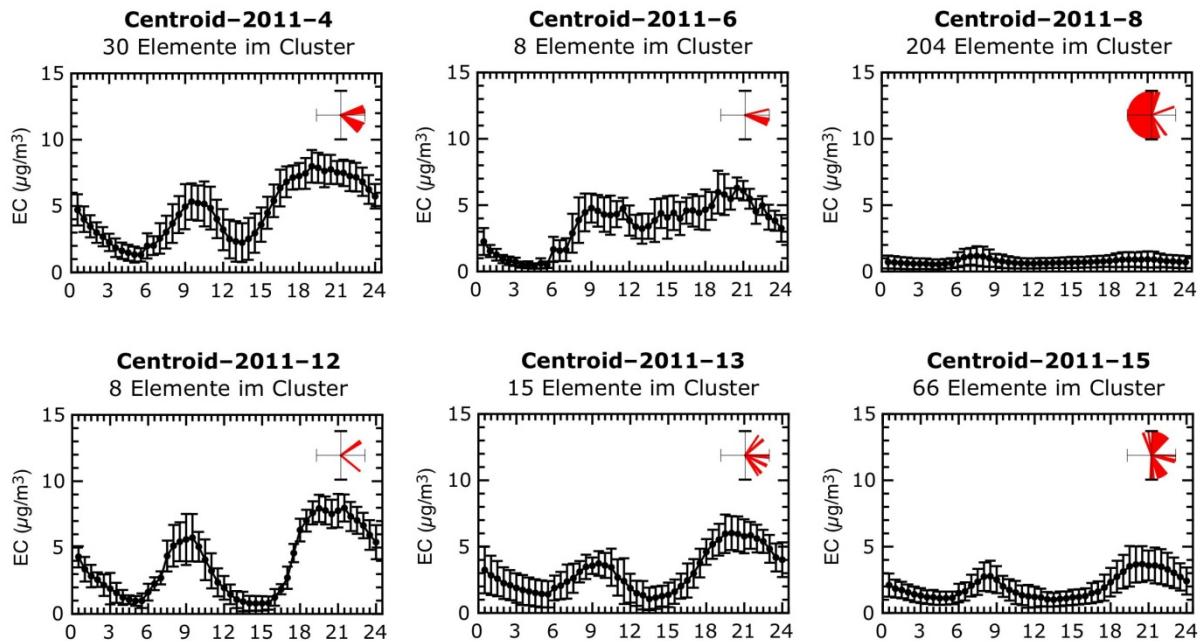


Abbildung 17 – Typische EC-Tagesgänge in San Vittore (2011) aus der Cluster-Analyse. Die Fehlerbalken zeigen die statistische Streuung für jeden Halbstundenmittelwert. Das polare Diagramm in der oberen rechten Ecke zeigt mit roten radialen Segmenten die Tage im Cluster: ein Segment um “3 Uhr” bedeutet 1. Januar, um “6 Uhr” 1. April, um “9 Uhr” 1. Juli und um “12 Uhr” 1. Oktober.

Die kontinuierlichen Russ-Messungen in San Vittore ergeben für den elementaren Kohlenstoff² einen Jahresmittelwert von $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (für 2011), d.h. 6% des PM10-Jahresmittels. Durch Anwendung der Cluster-Analyse wurden die typischen Tagesgänge dieser kanzerogenen Substanz bestimmt (s. Abbildung 17). In Analogie zum Feinstaub werden die höchsten EC-Konzentrationen in der kalten Jahreszeit gemessen. In diesen Perioden lassen sich in den EC-Tagesgängen zwei deutliche Höchstwerte erkennen: einer am Morgen (um 9 Uhr) und einer am Abend (um 20 Uhr). Dieses Verhalten wird sicher durch die zeitweilige Auflösung der Inversionslage während des Tages begünstigt aber – wie der Unterschied zu den PM10-Tagesgängen zeigt – ist der Verlauf aber auch im Emissionsverhalten begründet. Möglicherweise sind die primären EC-Emissionen beim Anfeuern der Holzfeuerungen wegen der unvollständigen Holzverbrennung erhöht; eine Situation die sich zweimal am Tag wiederholt: am Morgen bei den primären Holzfeuerungen und am Abend bei den Zweitfeuerungen.

Die untergeordnete Rolle des Strassenverkehrs zur PM10-Belastung im Unteren Misox lässt sich auch anhand der Erfahrungen während der Sperre des Gotthard-Tunnels infolge des Unfalls vom 24. Oktober 2001 [12] bestätigen. Wie in der Abbildung 18 gezeigt wird, stiegen die PM10-Konzentrationen - im Vergleich zu den Stickoxiden - nur wenig an, trotz der massiven Zunahme des LKW-Verkehrs auf der A13 während der Gotthardsperre.

² Gemäss Literatur gilt für Russ zwischen der Masse des elementaren Kohlenstoffes (EC) und der kohlenstoffhaltigen Partikelmasse folgende einfache Beziehung: $\text{EM}/\text{EC}=1.1$.

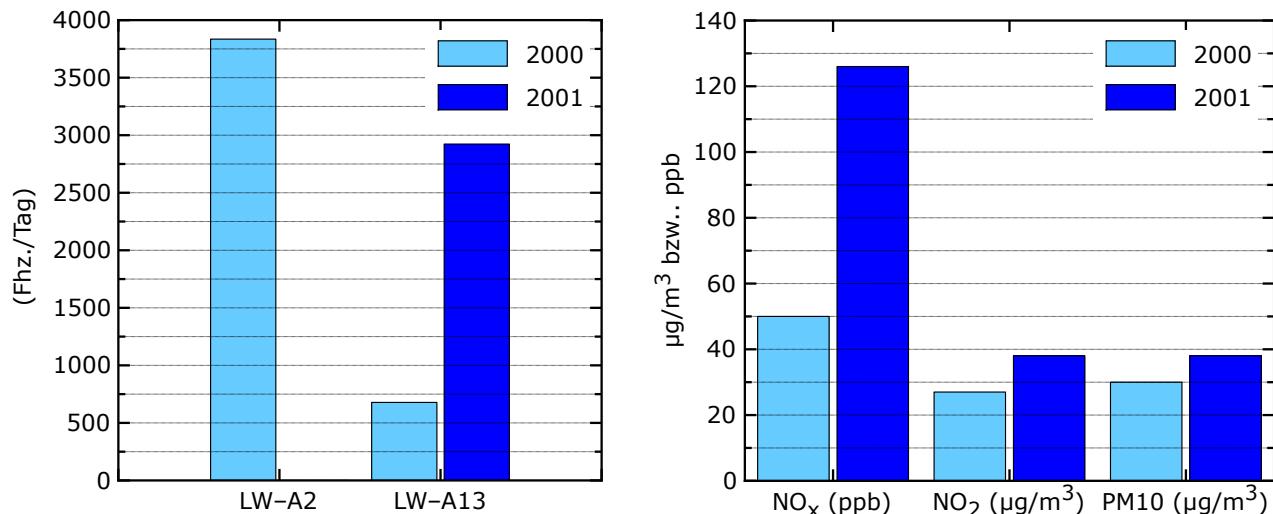


Abbildung 18 – Einfluss der Gotthardsperre (24.Okt. bis 21.Dez. 2001) auf den Lastwagenverkehr auf der A2 bzw. der A13 (Grafik links) und auf die mittleren NO_x- NO₂- und PM10-Belastungen (Grafik rechts, Messstation Roveredo) an Werktagen längs der A13 [12].

Erkenntnis 3:

- Die PM10-Immissionen sind übermäßig, denn die Tages- und Jahresmittelgrenzwerte werden im Unterem Misox deutlich überschritten.
- Besonders kritisch ist die kalte Jahreszeit, wo sich Inversionslagen ausbilden und sich die Feinstaubemissionen der Holzfeuerungen in Bodennähe aufkonzentrieren.
- Ohne zusätzliche Massnahmen wird diese Situation noch länger andauern.
- Während der kalten Jahreszeit ist die Holzverbrennung die Hauptquelle von PM10.
- Die PM10-Belastung im Unterem Misox ist hauptsächlich ein lokales lufthygienisches Problem.
- Rund 6% der Staubmasse besteht aus Russ. Da es sich beim Russ um einen kanzerogenen Schadstoff handelt, müssen die Emissionen nach dem Prinzip des Minimierungsgebotes vermieden werden.
- Als Vorläufer der Nitrate müssen auch die NO_x-Emissionen reduziert werden.

3.4. Ozon (O_3)

In Abbildung 19 wird die Dauer der übermässigen Ozon-Immissionen (Jahr 2011) im Unterem Misox mit derjenigen von anderen Ortschaften auf der Alpen-Südseite verglichen. Der Stundenmittelgrenzwert (120 µg/m³) wurde im Jahr 2011 in Castaneda während 539 Stunden (verteilt auf 90 Tage) und in Roveredo während 325 Stunden überschritten. Die Anzahl Überschreitungen tritt während stabiler Schönwetterlagen im Sommer besonders häufig auf. Es ist daher nicht überraschend, dass die Häufigkeit der Grenzwertüberschreitungen in einen Alpen-Südseiten-Kontext passt. Die Analogie zu den O₃-Belastungen im Kanton Tessin ist auch offensichtlich, wenn man die Entwicklung der höchsten Ozonstundenmittelwerte betrachtet (s. Abbildung 20). Die höchsten Ozonstundenmittelwerte haben seit den 90er Jahren deutlich abgenommen. Dieser grossräumige Trend wird von den meteorologischen Bedingungen beeinflusst. Z.B. wurden im heissen Sommer 2003 im Unterem Misox die höchsten Stundenwerte seit dem Jahr 1998 gemessen.

Die Abnahme der Ozonspitzen kann durch die grossräumige Verminderung der Vorläufersubstanzen des Ozons – Stickoxide (NO_x) und Kohlenwasserstoffe (VOC) – erklärt werden.

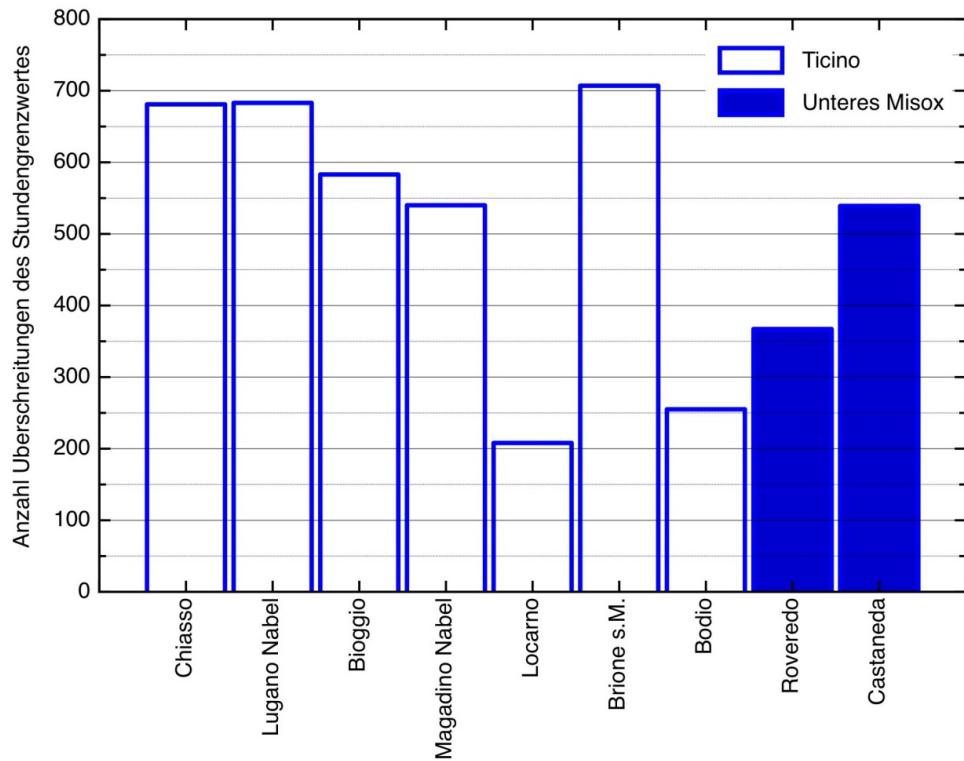


Abbildung 19 – Ozon Anzahl Stunden über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011). Unterer Misox (blaue Säulen) im Vergleich zu anderen Stationen auf der Alpen-Südseite (weisse Säulen).

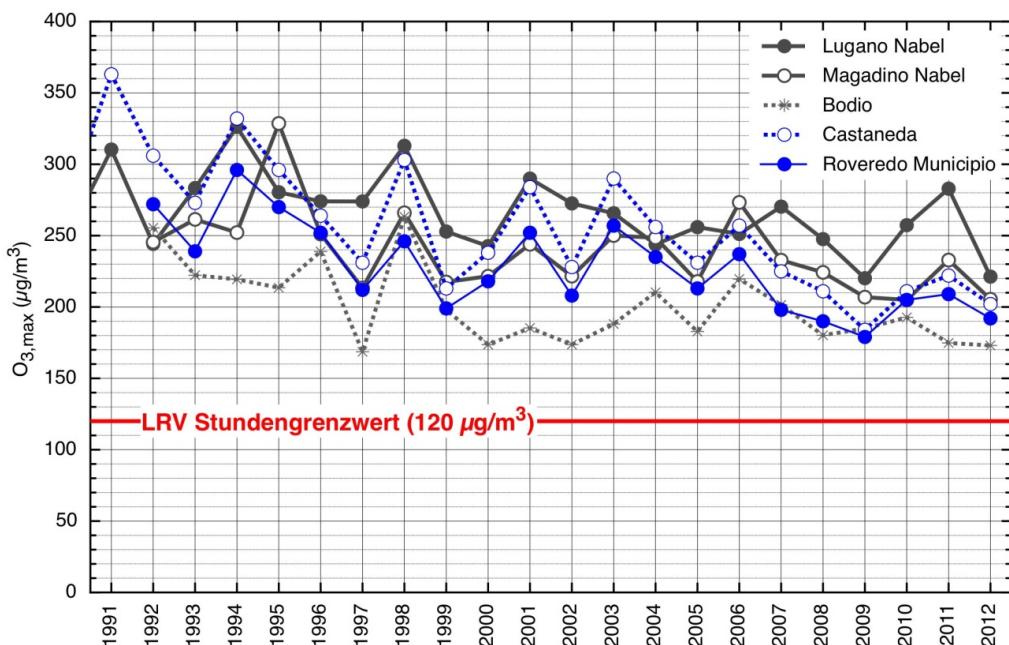


Abbildung 20 – Entwicklung der höchsten Ozonstundenmittelwerte 1990 - 2012. Unterer Misox (blaue Kurven) zu Vergleich mit anderen Stationen auf der Alpen-Südseite (schwarz-graue Kurven).

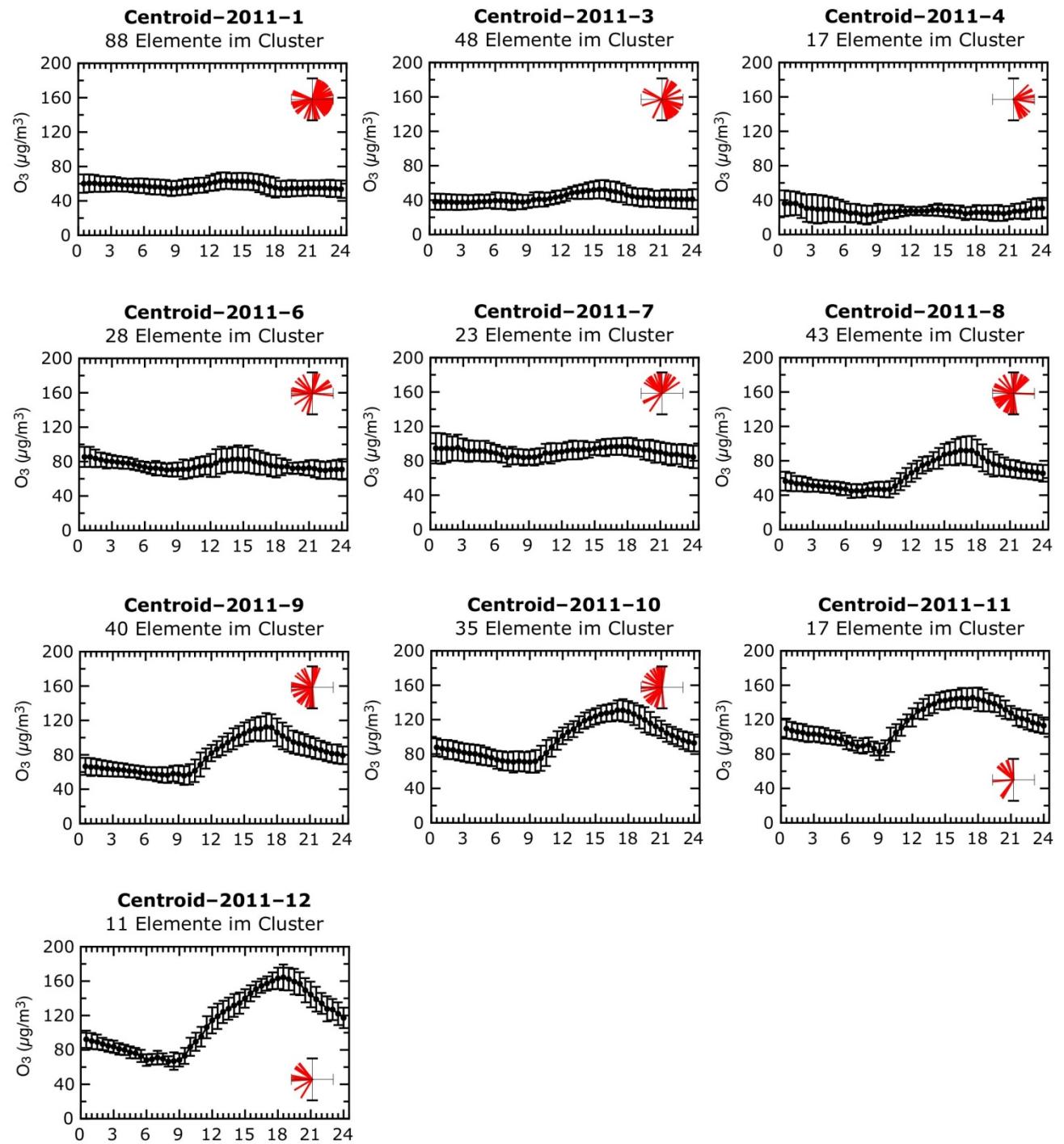


Abbildung 21 – Typische Ozon-Tagesgänge in Castaneda (2011) aus der Cluster-Analyse. Die Fehlerbalken zeigen die statistische Streuung für jeden Halbstundenmittelwert. Das polare Diagramm auf der rechten Seite zeigt mit roten radialen Segmenten die Tage im Cluster: ein Segment um “3 Uhr” bedeutet 1. Januar, um “6 Uhr” 1. April, um “9 Uhr” 1. Juli und um “12 Uhr” 1. Oktober.

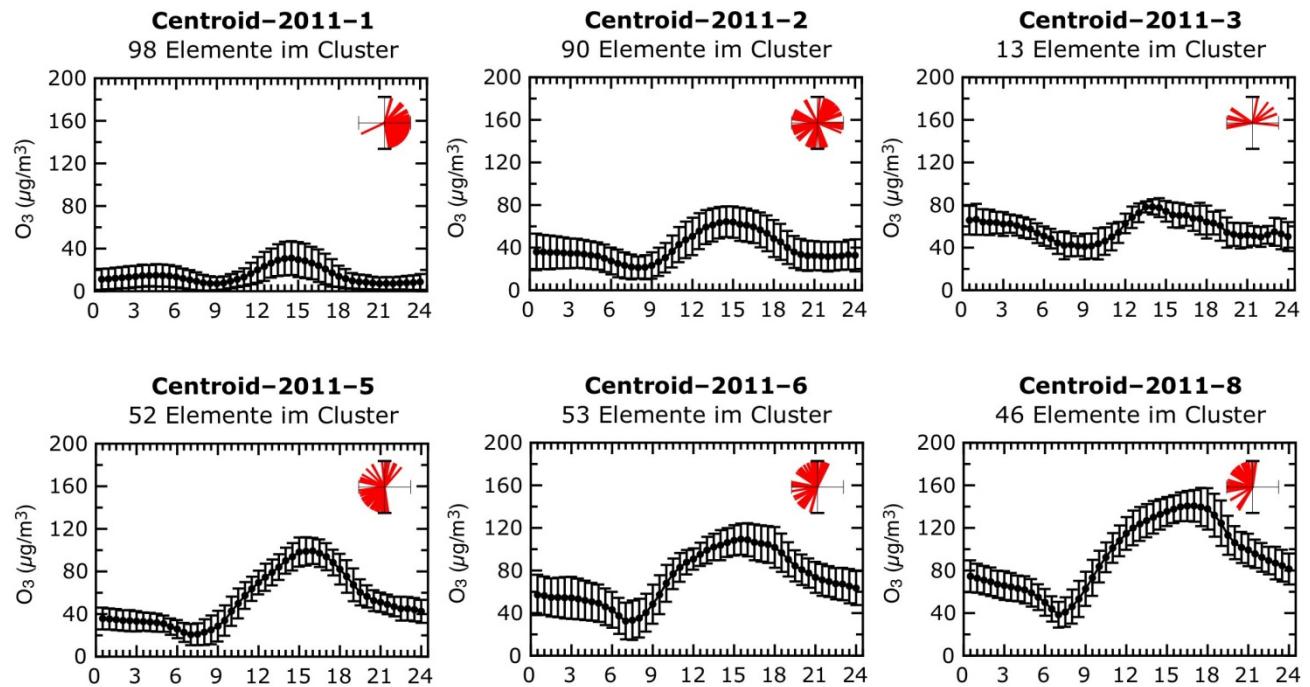


Abbildung 22 – Typische Ozon-Tagesgänge in Roveredo Municipio (2011) aus der Cluster-Analyse. Die Fehlerbalken zeigen die statistische Streuung für jeden Halbstundenmittelwert. Das polare Diagramm in der oberen rechten Ecke zeigt mit roten radialen Segmenten die Tage im Cluster: ein Segment um “3 Uhr” bedeutet 1. Januar, um “6 Uhr” 1. April, um “9 Uhr” 1. Juli und um “12 Uhr” 1. Oktober.

Durch Anwendung der Cluster-Analyse werden die typischen Tagesgänge für Ozon bestimmt. In den graphischen Darstellungen von Abbildung 20 bis Abbildung 22 können folgende Merkmale der O_3 -Belastung erkannt werden:

- Die Ozon-Luftverschmutzung ist ein Sommerproblem: in Anwesenheit der Vorläufersubstanzen (NO_x und VOC), lösen hohe Sonneneinstrahlung und hohe Temperaturen die Ozonproduktion durch photochemische Reaktionen aus.
- In erhöhten Lagen im Misox (Castaneda) werden die höchsten Belastungen am frühen Abend (zwischen 18 und 19 Uhr) gemessen.
- In Talbodennähe (Roveredo Municipio) ist die Ozon-Belastung geringer; das Ozon wird während der Nacht und früh am Morgen abgebaut. Die höchsten Belastungen werden am Nachmittag zwischen 15 und 18 Uhr gemessen.

Wie die vertikale Ausdehnung (von Roveredo bis Castaneda) zeigt, ist die Ozon-Belastung kein lokales Problem. Die typische Herkunft von Ozon während einer sommerlichen Ozon-Belastung von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf der Alpensüdseite ist in Abbildung 23 dargestellt. Trotz des beschränkten lokalen Handlungsspielraums für eine Ozonreduktion ist anzumerken, dass lokale Massnahmen sowohl zur Reduktion der Vorläufersubstanzen als auch zur Reduktion anderer Schadstoffe (insbesondere PM10) beitragen können.

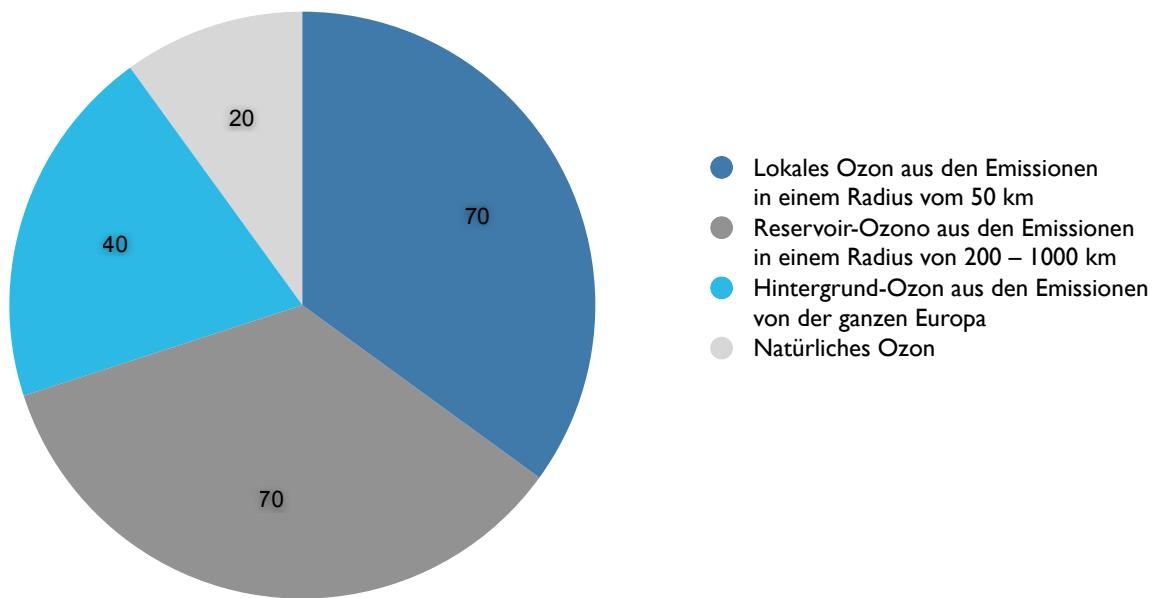


Abbildung 23 – Zusammensetzung einer sommerlichen Ozon-Belastung von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf der Alpensüdseite.

Erkenntnis 4:

- Die immer noch zu hohen Ozonimissionen stellen nach wie vor ein lufthygienisches Problem dar. Ursache ist die immer noch zu hohe Belastung der Luft durch anthropogene Vorläufersubstanzen (NOx und VOC).
- Das Sommersmogproblem lässt sich nur durch weitere dauerhaft wirksame überregionale und internationale Massnahmen zur Verminderung der Vorläufersubstanzen lösen.
- Die lokale Reduktion der Vorläufersubstanzen (NOx und VOC) und anderen Schadstoffen (insbesondere PM10) trägt trotzdem dazu bei, dass der Sommersmog reduziert wird. Zudem wird die Bevölkerung für die Thematik Luftverschmutzung sensibilisiert.

4. Emissionsquellen

4.1. Überblick

Die Hauptquellengruppen der Luftschadstoffe sind die folgenden:

- Feuerungen (Holz- und fossile Brennstoffe)
- Land- und Forstwirtschaft
- Verkehr
- Industrie und Gewerbe (Maschinen)
- Industrie und Gewerbe (stationäre Anlagen)
- Biogene Emissionen

Die Berechnungen der Emissionen aus den Holz-, Öl- und Gasfeuerungen stützen sich auf die Datenerhebung in der Pilotgemeinde Grono (Periode 8.11.2013 - 9.12.2013). Alle anderen Emissionen wurden aus dem Emissionskataster des Kantons Graubünden 2015 [3] übernommen. Im Falle der Emissionen des Verkehrs wurden die aus dem Kataster entnommenen Werte mit denjenigen Werten verglichen, die anhand des Verkehrsmodells des Kantons Tessin berechnet wurden.

4.2. Holz- und Öl-/Gasfeuerungen

In diese Kategorie fallen die Emissionen derjenigen Heizungsanlagen, welche sich in Wohn-, Gewerbe- sowie industriellen Bauten befinden.

Eine wichtige Grundlage für die Bestimmung der Menge der emittierten Schadstoffe ist der kantona-le Kataster der Feuerungen. Dieses Inventar wird im Rahmen der Feuerungskontrollen periodisch aktualisiert und enthält die Anlagen- und Messdaten aller Öl-/Gasfeuerungsanlagen (s. [7]). Für die Holzfeuerungen mit einer Feuerwärmeleistung unter 70 kW existiert jedoch nur eine Aufzählung pro Gemeinde nach Anlagetyp, ohne umfassende Angaben über Leistung und Betriebszeiten (siehe Tabelle 4).

Gemeinde	Cheminée Kassette	Cheminée	Cheminée Ofen	Holzofen	Kochherd	Total Holz-feuerungen < 70 kW	Heizöl-Feuerungen
Cama	35	81	43	8	22	189	42
Grono	36	150	52	16	54	308	139
Leggia	6	31	16	14	15	82	7
Lostallo	46	156	75	35	51	363	37
Roveredo	126	452	147	57	71	853	328
San Vittore	59	146	56	30	37	328	98
Verdabbio	16	41	32	15	23	127	10
Total	324	1057	421	175	273	2250	661

Tabelle 4 – Zusammenfassung der Anzahl Holz- und Heizölfeuerungen pro Gemeinde im Unteren Misox (siehe [8]).

Um den ungefähren Brennstoffverbrauch für die Wärmeproduktion abzuschätzen, wurde eine Datenerhebung in der Pilotgemeinde Grono in Form einer Umfrage vor Ort durchgeführt. Die erhobenen Daten (8.11.2013 - 19.12.2013) dienen als Ausgangspunkt für die Berechnung der Emissionen von Holz- und Heizölfeuerungsanlagen im Unteren Misox. Dank der Datenerhebung wurde es möglich, detaillierte Grundlagen betreffend Feuerungsanlagen und Brennstoffverbrauch zu erfassen.

Alle Resultate der Datenerhebung sind im Anhang 2 „Abschlussbericht Umfrage Grono“ ausführlich zusammengestellt. In Tabelle 5 werden die aufgrund der Datenerhebung ermittelten „Emissionsfaktoren“ pro Anlagetyp und Jahr aufgelistet. Dabei ist zu bemerken, dass es sich um keine Emissionsfaktoren im strikten Sinne des Wortes handelt, da diese die jährliche anlagespezifische Holzverbrauchsmenge bzw. Ölverbrauchsmenge bereits mitberücksichtigen.

Auf der Basis der Datenerhebung in Grono ist es möglich die jährliche Nutzenergie pro Heizungsanlage abzuschätzen. Die berechneten Werte sind in Tabelle 5 angegeben und in Abbildung 24 grafisch dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass die Heizölfeuerungsanlagen am meisten Nutzenergie (pro Anlage) produzieren. Der Beitrag der offenen Cheminées zur Nutzwärme ist im Durchschnitt am geringsten.

EF: Emissionsfaktor	Cheminée Kassette	Offenes Cheminée	Cheminée Ofen	Holzofen	Kochherd	Heizöl-Feuerungen
EF NO _x (kg/Anlage/a)	2.00	0.86	3.60	4.63	1.97	7.83
EF PM10 (kg/Anlage/a)	1.12	0.71	3.00	4.00	1.63	0.04
Nutzenergie (kWh/Anlage/a)	5'013	855	5'776	4'435	3'548	57'356

Tabelle 5 – Zusammenfassung der Emissionsfaktoren und der spezifischen Nutzenergieangaben der verschiedenen Holzfeuerungskategorien im Vergleich mit Heizölfeuerungen.

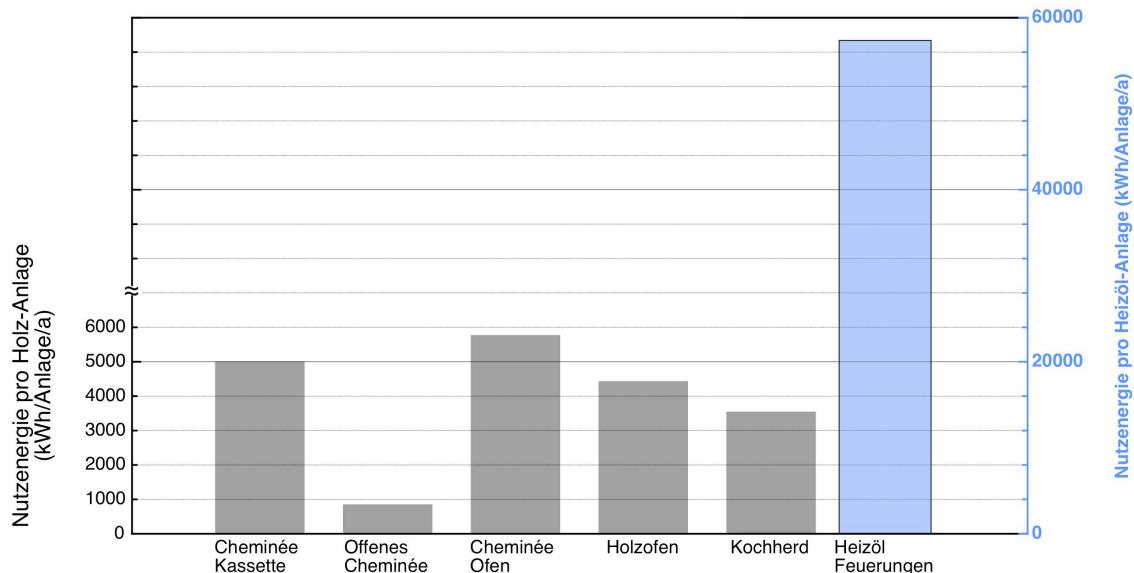


Abbildung 24 – Nutzenergie pro Anlagetyp und Jahr. Die Daten wurden aus der Umfrage in Grono berechnet.

Aufgrund der Anzahl Holzfeuerungen (Tabelle 4) und der ermittelten Emissionsfaktoren (Tabelle 5) wurden die jährlichen PM10- und NO_x-Emissionen in Abhängigkeit des Feuerungsanlagetyps für das ganze Untere Misox berechnet (Cama, Grono, Leggia, Lostallo, Roveredo, San Vittore und Verdabbio).

	Cheminée Kassette	Offenes Cheminée	Cheminée Ofen	Holzofen	Kochherd	Total Holzfeuerungen (< 70 kW)	Total Heizöl-Feuerungen
E NO _x (kg/a)	648	909	1'516	810	538	4'421	5'176
E PM10 (kg/a)	363	750	1'263	700	445	3'521	26
Nutzen. (MWh/a)	1'624	904	2'432	776	969	6'705	37'912

Tabelle 6 – Berechnung der PM10- und NO_x-Emissionen und der Nutzenergieverbräuche der verschiedenen Feuerungskategorien im Unteren Misox (Gemeinden Cama, Grono, Leggia, Lostallo, Roveredo, San Vittore und Verdabbio).

Anhand der in Abbildung 24 und Tabelle 4 aufgelisteten Werte, wird die im Unteren Misox von den verschiedenen Feuerungsanlagen gelieferte Nutzenergie bestimmt. Deutlich zeigt sich, dass die Heizölfeuerungen am meisten zur Produktion von Nutzenergie im Unteren Misox beitragen.

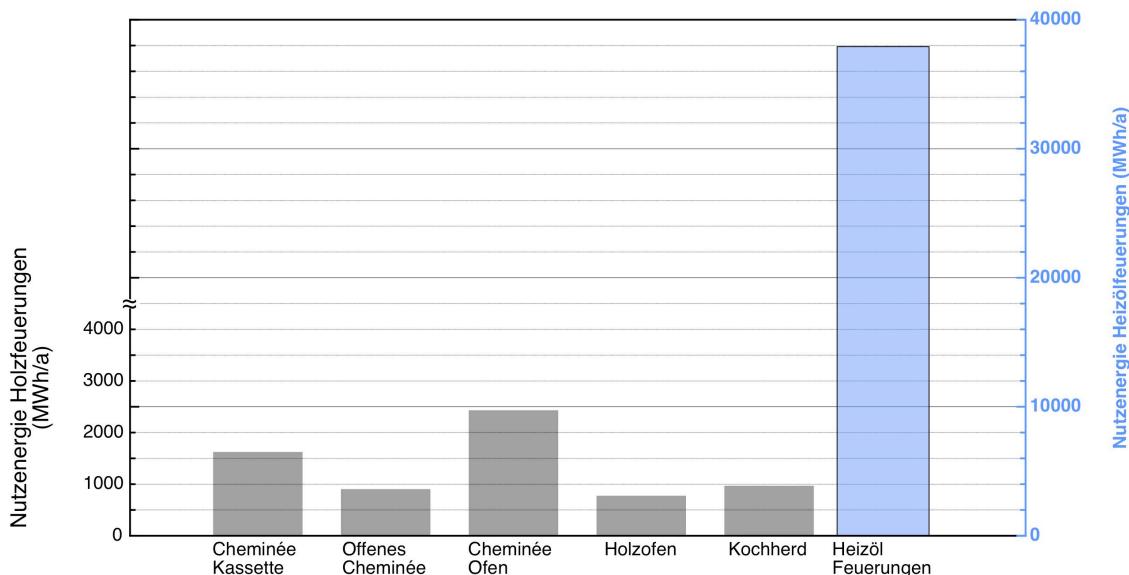


Abbildung 25 – Produzierte Nutzenergie pro Jahr und Anlagetyp aller Heizzentralen im Unteren Misox.

Quellengruppe Holz- und Öl-/Gasfeuerungen:	Total
NO _x -Emissionen (kg/a)	9'597
PM10-Emissionen (kg/a)	3'547

Tabelle 7 – Zusammenfassung der Emissionen aller Holz- und Öl-/Gasfeuerungen im Unteren Misox.

4.3. Land- und Forstwirtschaft

Die Emissionen der Quellengruppe "Land- und Forstwirtschaft" werden hauptsächlich von Maschinen verursacht, die durch einen Verbrennungsmotor angetrieben werden. Die Verbrennung von Grünabfall und die Viehzucht spielen ebenfalls eine bedeutende Rolle. Die Emissionen von Land- und Forstwirtschaft werden aus dem Emissionskataster Graubünden für das Jahr 2015 übernommen [3].

Die PM10-Emissionen werden vor allem (68%) durch die Staubaufwirbelung der land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeuge verursacht. Diese Emissionen sind grundsätzlich weniger gefährlich als diejenigen aus Verbrennungsprozessen und kommen vor allem ausserhalb der bebauten Zonen und während der Sommermonate vor.

Die übrigen PM10-Emissionen werden durch die Treibstoffverbrennung der benutzten Fahrzeuge (230 kg/a) und durch das Verbrennen von Grünabfällen im Freien (524 kg/a) verursacht.

Quellengruppe Land- und Forstwirtschaft:	Total
NO_x-Emissionen (kg/a)	5'942
PM10-Emissionen (kg/a)	4'018

Tabelle 8 – Zusammenfassung der Emissionen aus Land- und Forstwirtschaft im Unteren Misox.

4.4. Biogene Emissionen

Als biogene Emissionen werden alle Emissionen bezeichnet, welche nicht durch die Menschen verursacht werden. Solche Emissionen werden natürlichen Prozessen, die in einem lebenden Ökosystem stattfinden, zugeordnet. Natürliche Prozesse können NO_x freisetzen, in seltenen Ausnahmefällen werden auch PM10-Partikel freigesetzt (z.B. in Waldbränden nicht menschlicher Herkunft).

Die PM10-Emissionen der biogenen Emissionen sind gering und werden gleich Null gesetzt.

Die biogenen NO_x-Emissionen werden aus dem Inventar der biogenen Emissionen der Schweiz übernommen (siehe [4]). Als Verteilkriterium wurde das Verhältnis zwischen der Gesamtfläche der Schweiz und der gesamten Fläche im Untersuchungsgebiet eingesetzt. Die Berechnungsdetails sind im Anhang 3 ersichtlich.

Quellengruppe Biogene Emissionen:	Total
NO_x-Emissionen (kg/a)	15'873
PM10-Emissionen (kg/a)	0

Tabelle 9 – Zusammenfassung der biogenen Emissionen im Unteren Misox.

4.5. Verkehr

Die vom Verkehr verursachten Emissionen wurden mit dem kantonalen Verkehrsmodell des Kantons Tessin (das sich bis nach San Bernardino erstreckt) berechnet und anschliessend mit dem Emissionskataster des Kantons Graubünden verglichen.

Berechnung der Emissionen aufgrund des Verkehrsmodells des Kantons Tessin:

Die Berechnungen der auf der Strasse emittierten Schadstoffe (Stickoxide und Feinstaub) basieren auf dem kantonalen Verkehrsmodell des Kantons Tessin. Sie wurden für das Jahr 2012 berechnet (das Verkehrsmodell wurde von der "Sezione della mobilità" des Kantons Tessin zur Verfügung gestellt).

Im Untersuchungsgebiet setzt sich das Verkehrsmodell aus allen Autobahnabschnitten, Kantonsstrassen und Gemeindestrassen zusammen (s. Abbildung 26). Kantonsstrassen und Gemeindestrassen sind in einer einzigen Kategorie zusammengefasst.

Im Untersuchungsperimeter sind insgesamt 2'315 Strassensegmente (Links) erfasst (im gesamten Verkehrsmodell sind 106'675 Links vorhanden). Für jeden Link ist das Verkehrsaufkommen getrennt nach leichten und schweren Motorfahrzeugen beschrieben.

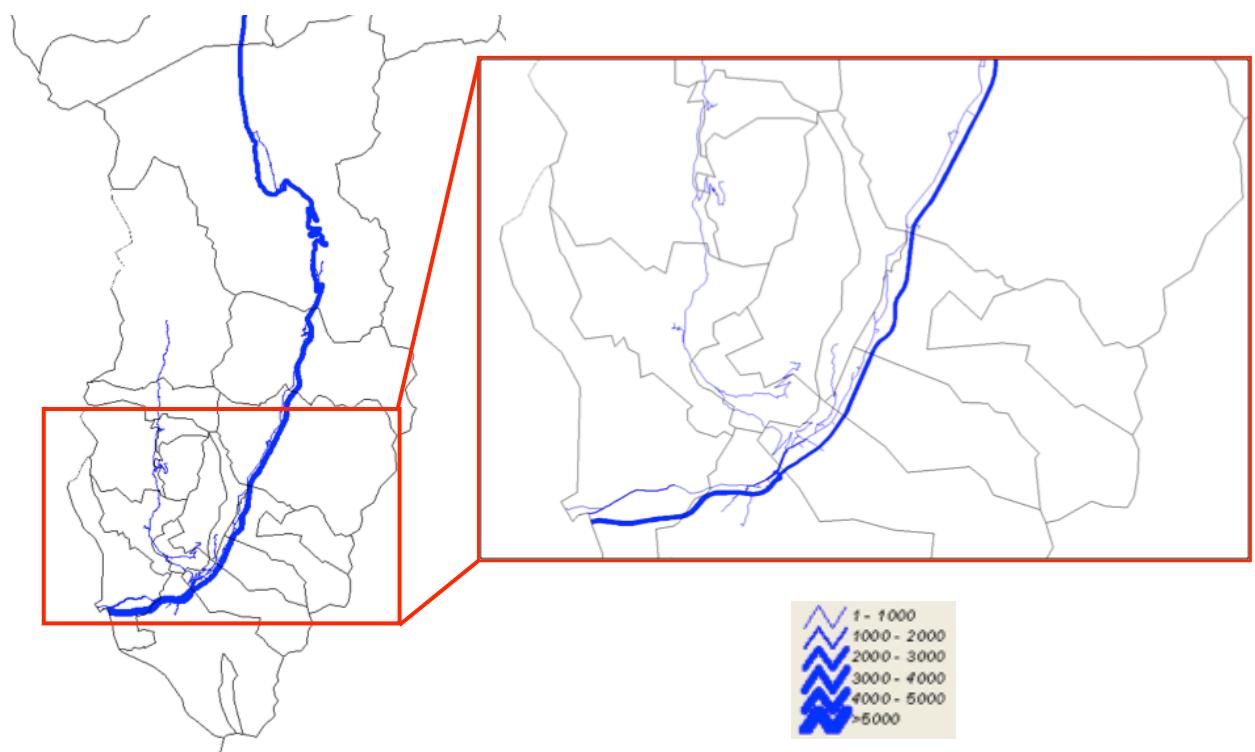


Abbildung 26 – Grafische Darstellung des Verkehrsmodells (links ganzes Misox, rechts Unteres Misox).

Als Grundlage für die Berechnung der Emissionen dient das HBEFA (Handbuch Emissionsfaktoren), Version 3.1. In dieser Datenbank werden die spezifischen Emissionsfaktoren für verschiedene Schadstoffe in Abhängigkeit der signalisierten Geschwindigkeit, der Steigung und der Fahrzeugklasse angegeben.

Mit dem Verkehrsmodell – Länge des Strassenabschnittes, Anteil an Schwerverkehr und durchschnittlicher Tagesverkehr (DTV) – werden die vom Verkehr (Treibstoffverbrennung) freigesetzten NO_x- und PM10-Emissionen berechnet.

Fahrzeuge setzen aber auch durch Aufwirbelung Feinstaub frei. Bei jeder Vorbeifahrt wird Staub von der Strasse in die Luft geschleudert. Der Anteil an aufgewirbeltem Feinstaub ist für den Schwerverkehr deutlich grösser als im Vergleich zu den Personenwagen. Um diesen Anteil zu quantifizieren, wurden die aus dem kantonalen Kataster für die verschiedenen Fahrzeugenkatoren berechneten Verhältnisse zwischen dem aufgewirbelten Staub und den von der Treibstoffverbrennung stammenden PM10-Emissionen verwendet.

In Tabelle 10 ist eine Zusammenfassung der Resultate ersichtlich. Alle Berechnungsdetails sind im Anhang 4 zu finden.

Quellengruppe Verkehr (aus Verkehrsmodell):	Autobahn	Andere Strassen	Total
NO_x-Emissionen (kg/a)	31'600	7'630	39'230
PM10-Emissionen (kg/a)	2'902	625	3'527

Tabelle 10 – Zusammenfassung der Emissionen des Verkehrs im Unteren Misox. Die Emissionen wurden mit dem Verkehrsmodell des Kantons Tessin, das sich bis nach San Bernardino erstreckt, berechnet.

Emissionen gemäss Emissionskataster Kanton Graubünden:

Die berechneten Emissionswerte wurden danach mit dem für den Kanton Graubünden erstellten Emissionskatasters für das Jahr 2015 verglichen [3] (siehe Tabelle 11). Der Vergleich zeigt, dass die mit dem Tessiner Verkehrsmodell berechneten Werte von denjenigen aus dem Emissionskataster des Kantons Graubünden zwischen -10% (NO_x) und +24% (PM10) abweichen (vgl. Tabelle 10 und Tabelle 11). Der Grund mag in den unterschiedlichen methodischen Ansätzen und den verschiedenen Bezugsjahren liegen (2012 für Verkehrsmodell TI, 2015 für Emissionskataster GR).

Quellengruppe Verkehr (aus Emissionskataster):	Total
NO_x-Emissionen (kg/a)	35'181
PM10-Emissionen (kg/a)	4'376

Tabelle 11 – Zusammenfassung der Emissionen des Verkehrs im Unteren Misox. Die Emissionen stammen aus dem Emissionskataster des Kantons Graubünden [3].

4.6. Industrie und Gewerbe (Maschinen)

Unter diese Quellengruppe fallen die aus Industriefahrzeugen stammenden Schadstoffe. Als Industriefahrzeuge sind z.B. Baumaschinen gemeint, die durch einen Verbrennungsmotor angetrieben werden. In diesem Fall werden die Emissionen mit Hilfe des Emissionskatasters Graubünden für das Jahr 2015 bestimmt [3] und sind in Tabelle 12 zusammengefasst.

Quellengruppe Industrie und Gewerbe (Maschinen) :	Total
NO _x -Emissionen (kg/a)	1'942
PM10-Emissionen (kg/a)	779

Tabelle 12 – Zusammenfassung der Emissionen aus Industrie und Gewerbe (Maschinen) im Unteren Misox.

4.7. Industrie und Gewerbe (stationäre Anlagen)

Produktionsprozesse in Industrie und Gewerbe stellen auch im Misox eine Quelle von Luftschadstoffen dar. Im Unteren Misox sind die Industriebetriebe eher klein und die aus dieser Kategorie stammenden Emissionen sind dementsprechend auch relativ gering.

Die Emissionen werden mit Hilfe des Emissionskatasters Graubünden für das Jahr 2015 berechnet [3]. Ausserdem wurde als bedeutende Industrieanlage eine Holzfeuerungsanlage in einer Schreinerei mit einer Leistung von 60 kW identifiziert. Die durch diese Anlage erzeugten Emissionen wurden wie folgt quantifiziert:

$$M(NO_x) = 43.2 \text{ kg/a}$$

$$M(PM10) = 21.6 \text{ kg/a}$$

In die Quellengruppe "Industrie und Gewerbe (stationäre Anlagen)" fallen einige gastgewerblich genutzte Holzfeuerungen wie Pizzaholzöfen, welche für den Ausstoss von Feststoffen/Feinstaub im Unteren Misox mitverantwortlich sind.

Aufgrund der Datenerhebung in der Pilotgemeinde Grono wurden die Emissionen eines Pizzaholzofens bestimmt (alle Resultate zur Datenerhebung werden im Anhang 2 "Abschlussbericht Umfrage Grono" ausführlich präsentiert). In der Annahme, dass alle vorhandenen Pizzaholzöfen die gleiche Emission aufweisen, können die Emissionen der gastgewerblich genutzten Holzfeuerungen im Unteren Misox berechnet werden.

Emissionen eines Pizzaholzofens:

$$M(NO_x) = 72.9 \text{ kg/a}$$

$$M(PM10) = 60.8 \text{ kg/a}$$

Im Unteren Misox sind wahrscheinlich 4 Pizzaholzöfen in Betrieb. Die Gesamtemissionen der gastgewerblich genutzten Holzfeuerungen betragen somit:

$$M(NO_x) = 291.6 \text{ kg/a (Schätzung)}$$

$$M(PM10) = 243.2 \text{ kg/a (Schätzung)}$$

In der Quellengruppe "Industrie und Gewerbe (stationäre Anlagen)" sind die von Industriefahrzeugen und die durch Raumwärmeproduktion erzeugten Emissionen nicht inbegriffen, da beide schon in den jeweiligen Kapiteln mitberücksichtigt worden sind (vgl. Kapitel 0 bzw. 4.1).

Quellengruppe Industrie und Gewerbe (stationäre Anlagen):	Total
NO_x-Emissionen (kg/a)	3'109
PM10-Emissionen (kg/a)	1'053

Tabelle 13 – Zusammenfassung der Emissionen aus Industrie und Gewerbe, (stationäre Anlagen) im Unteren Misox.

4.8. Gesamtemissionen für das Untere Misox

Die Emissionen der sechs betrachteten Quellengruppen sind in Abbildung 27 dargestellt. Da NO_x bei Verbrennungsprozessen entsteht, erstaunt es nicht, dass der motorisierte Strassenverkehr mit Emissionen zwischen 35 000 und 40 000 kg/a die Hauptquelle für NO_x ist.

Trotz der langen Strecke der Autobahn A13 durch das Untere Misox, sind die PM10-Emissionen der Holzfeuerungen (3 547 kg/a) fast gleich gross wie diejenigen des Verkehrs.

Im Bereich von Industrie und Gewerbe sind weitere 265 kg PM10/a auf die Verbrennung von Holz (in Pizzaöfen und in einer grossen Feuerungsanlage) zurückzuführen.

Das Verbrennen von Grünabfällen im Freien verursacht jährliche Emissionen von 524 kg PM10, welche zur Quellengruppe Land- und Forstwirtschaft gezählt werden.

Die jährlichen Emissionen für ein Winterhalbjahr sind in Abbildung 28 graphisch dargestellt. Auffallend ist der dominierende Anteil der Holzfeuerungen.

Erkenntnis 5:

- Verkehr und Holzfeuerungsanlagen sind übers Jahr gesehen für einen ähnlich grossen Anteil der PM10-Emissionen verantwortlich.
- Die Holzfeuerungen verursachen rund 27% der jährlichen PM10-Emissionen und ungefähr 57% der winterlichen PM10-Emissionen.
- Rund 23% der jährlichen PM10-Emissionen aus Industrie und Gewerbe werden durch die Verbrennung von Holz in Pizzaöfen verursacht.
- Rund 13% der jährlichen PM10-Emissionen aus Land- und Forstwirtschaft stammen aus der Verbrennung von Grünabfällen.

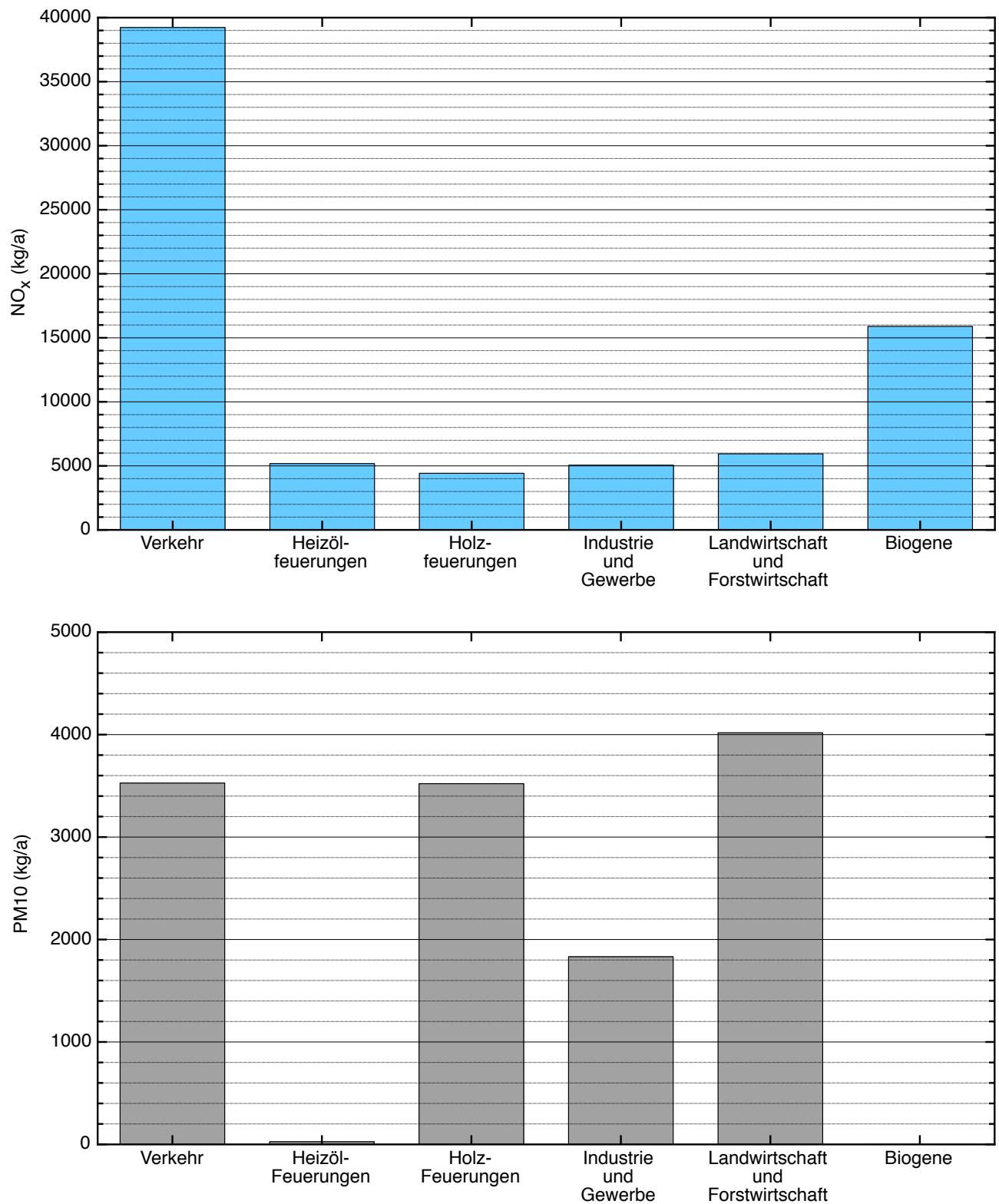


Abbildung 27 – IST-Zustand der jährlichen Emissionen von NO_x (obere Grafik) und von PM10 (untere Grafik), Vergleich der einzelnen Quellengruppen im Untersuchungsgebiet.

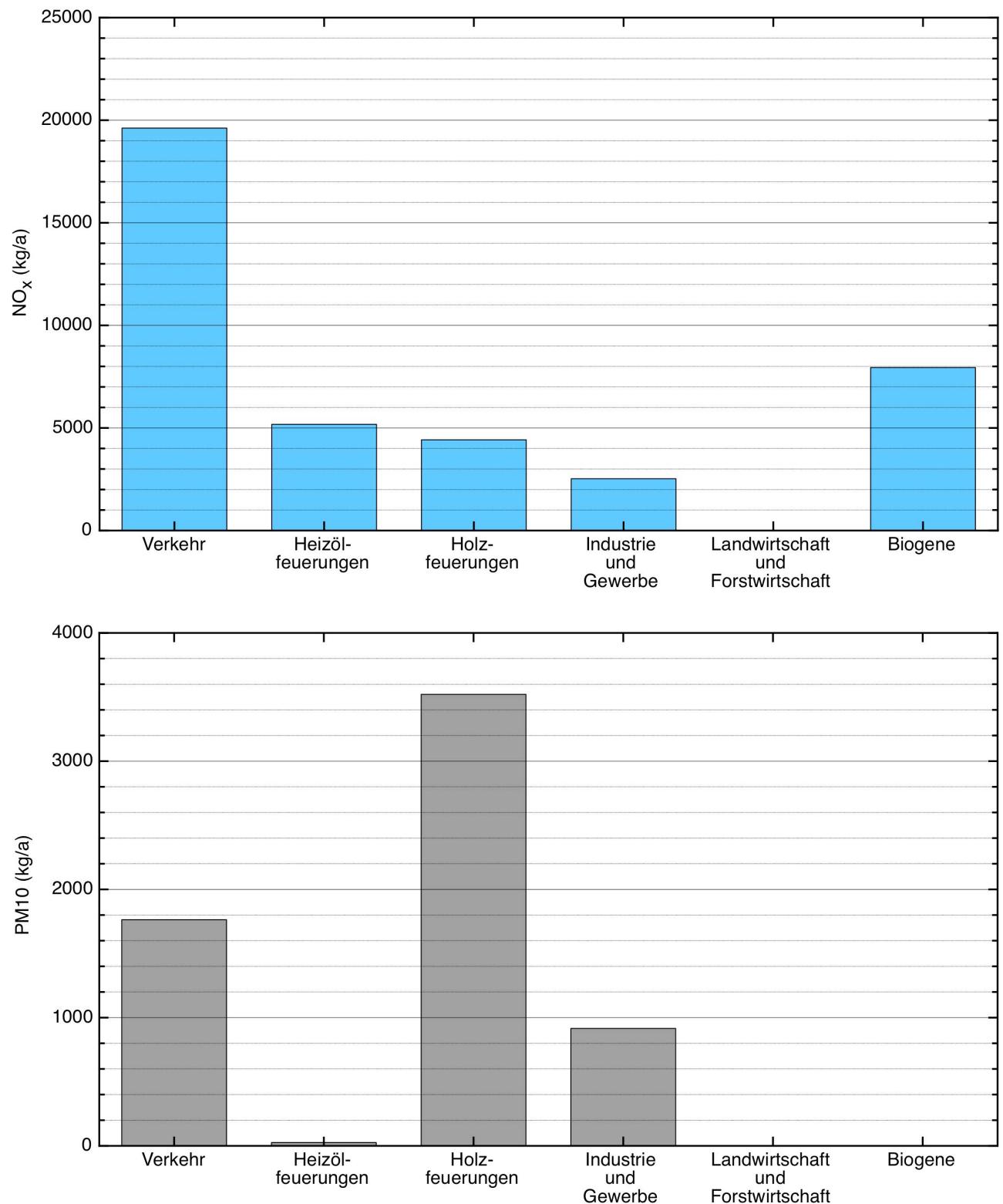


Abbildung 28 – IST-Zustand der Emissionen während eines Winterhalbjahrs von NO_x (obere Grafik) und von PM10 (untere Grafik), Vergleich der einzelnen Quellengruppen im Untersuchungsgebiet.

5. Reduktionsziele im Unteren Misox

Bei dem End-Szenario müssen die vorsorglichen LRV-Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung für PM10 im Tagesmittelwert ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und im Jahresmittelwert ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) eingehalten werden. Im Unteren Misox und insbesondere in San Vittore werden zurzeit beide Grenzwerte überschritten (s. Abbildung 29).

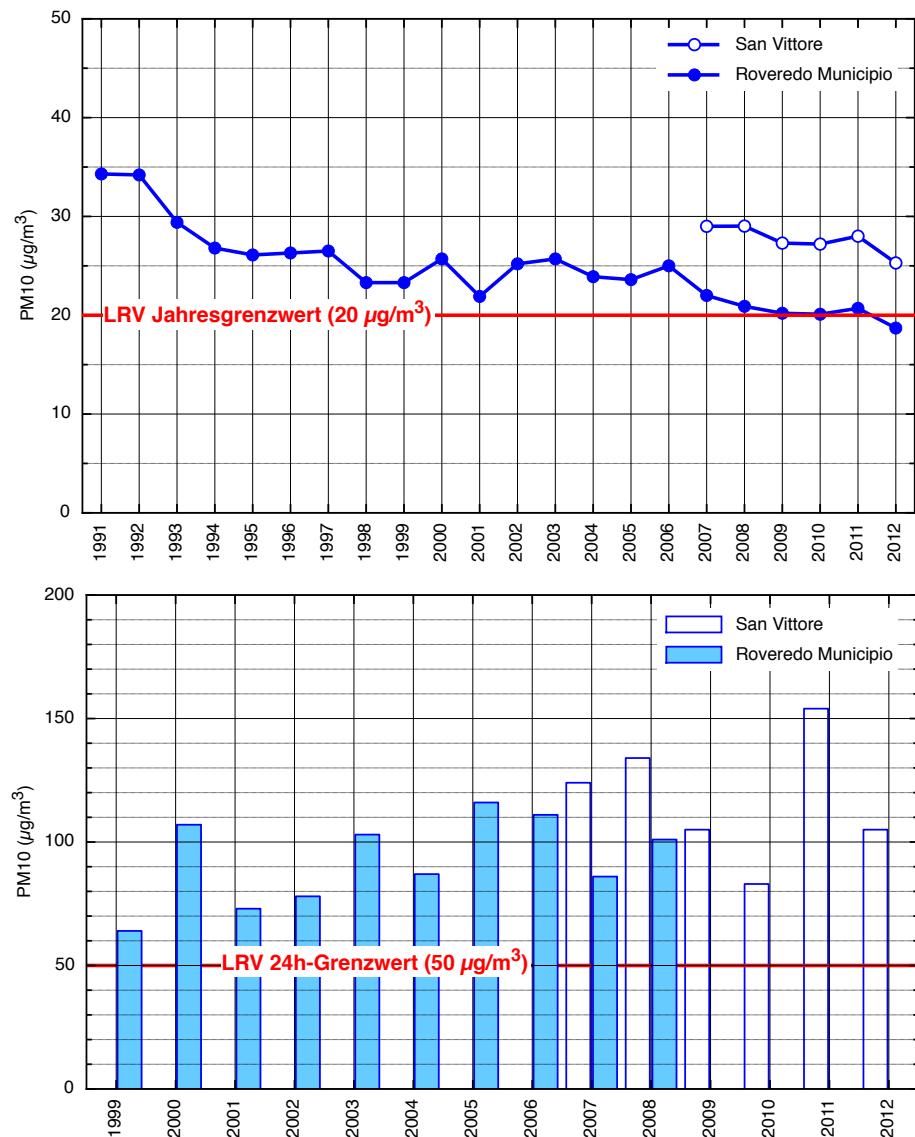


Abbildung 29 – PM10-Belastung im Unteren Misox. Oben sind die Jahresmittelwerte dargestellt, die besonders in San Vittore über dem Jahresmittelgrenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen. Unten sind die maximalen Tagesmittelwerte (24h-Mittelwert) der jeweiligen Jahre dargestellt. In diesem Fall wird der Grenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich überschritten.

Das **strategische** SOLL-Szenario muss daher mit einem Szenario übereinstimmen, indem beide LRV-Grenzwerte eingehalten sind. Aber aus pragmatischen Gründen ist es sinnvoll, auch ein **operatives** SOLL-Szenario zu definieren, das zeitlich früher als das strategische SOLL-Szenario umgesetzt werden muss und dessen Ziele erreicht werden müssen. Die möglichen SOLL-Szenarien sind im Folgenden ausgeführt.

5.1. Einhaltung des PM10-Tagesmittelgrenzwertes

Aus der Cluster-Analyse (s. Abbildung 14) ist ersichtlich, dass sich die Tage (57 im Jahr 2011) mit Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwertes auf die kalte Jahreszeit beschränken (s. Abbildung 30).

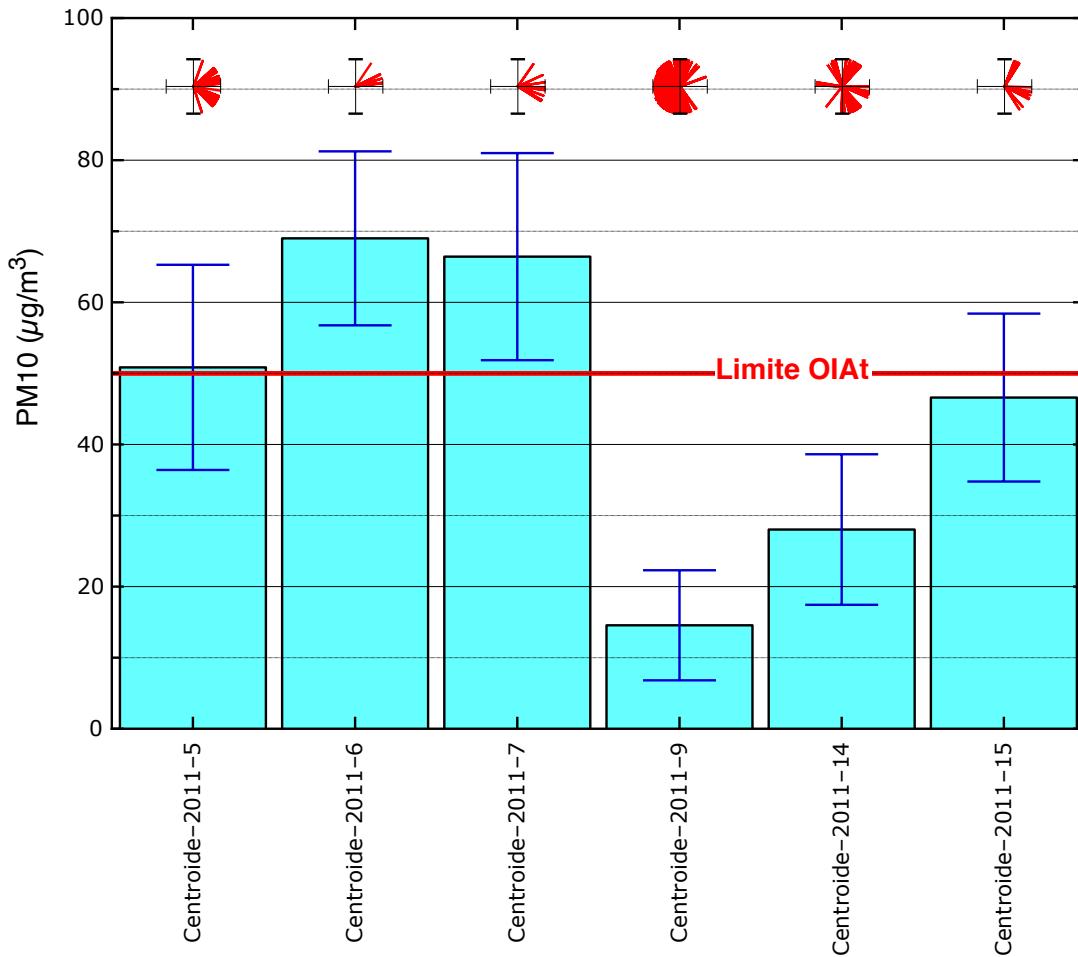


Abbildung 30 – Mittlere PM10-Tageswerte für verschiedene Cluster. Ebenfalls dargestellt sind die Standard Abweichungen (berechnet auf die Tage im Cluster).

Während der kalten Jahreszeit sind jeweils auch die Russ-Immissionen am höchsten. Man kann abschätzen, dass die Russ-Belastung während der kalten Monate (Dezember-Februar) ca. 53% der gesamten jährlichen Exposition ausmacht. Ein mögliches SOLL-Szenario für PM10 würde darin bestehen, die Spitzenbelastungen zu reduzieren. Als Zwischenszenario könnte man sich z.B. eine Halbierung der Anzahl Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwertes (bezogen auf den IST-Zustand) vorstellen. Dies könnte z.B. mit einer winterlichen Beschränkung der Benutzung von bestimmten Holzfeuerungstypen erreicht werden (Abschätzung des Reduktionspotentials: 500 kg/a).

5.2. Effizienz-Szenario

Eine grosse Anzahl der bestehenden Holzfeuerungen ist sowohl vom Standpunkt der Lufthygiene wie auch aus der Sicht der Energie-Effizienz problematisch. Diese Anlagen entsprechen nicht dem Stand der Technik. Die Kombination von diesen zwei Effekten hat zur Folge, dass man – um die

gewünschte Nutzenergie zu produzieren – mehr Holz verbrennen muss und dies mit hohen spezifischen Holzfeuerungsemisionen. Das Ergebnis dieses Sachverhaltes ist in Abbildung 31 dargestellt. Man erkennt das grosse Reduktionspotential, falls die bestehenden Holzfeuerungen durch effiziente Holzfeuerungen (d.h. geschlossene Holzfeuerungen mit elektrischer Steuerung oder automatischen Pelletsöfen) ersetzt oder falls die Anzahl kleiner Holzfeuerungen dank dem Anschluss an ein Fernwärmenetz oder durch Ersatz mit Wärmepumpen reduziert werden.

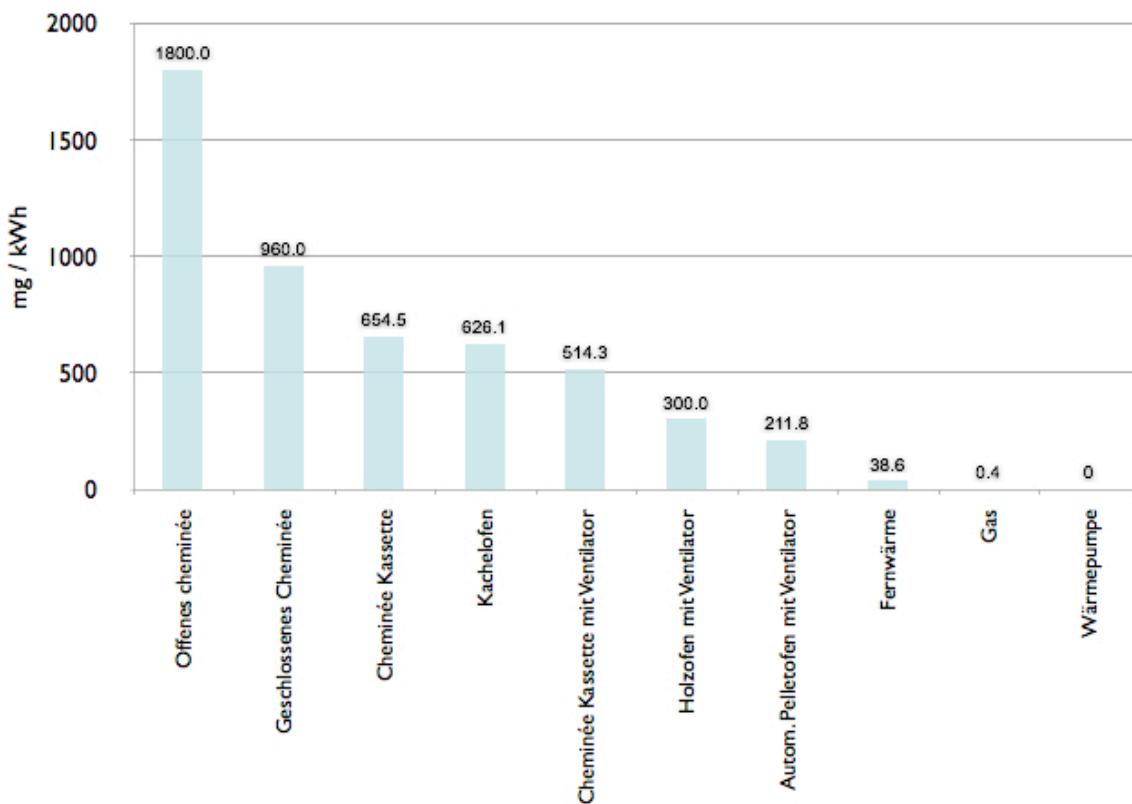


Abbildung 31 – PM10-Emissionen pro kWh nützlicher Energie: Vergleich zwischen verschiedenen Feuerungsanlagen.

Die durch höhere Energieeffizienz in Gebäuden und Anlagen erreichbare Emissionsreduktion entspricht schätzungsweise einem Wert von 1900 kg/a PM10. Dazu addieren sich die bei der Sanierung gastgewerblich genutzter Holzfeuerungen (z.B. Pizzaöfen) eingesparten Emissionen von ca. 200 kg/a.

5.3. SOLL-SZENARIEN

Eine nachhaltige Sanierung der bestehenden Feuerungen kann nur über mehrere Jahre verteilt stattfinden, um die Kosten auf eine längere Periode zu verteilen. Es werden drei Phasen (*SOLL/IST*) vorgeschlagen. Wie in der Abbildung 32 schematisch gezeigt, entspricht jeder Phase ein Aktionsplan (definiert durch Massnahmen und Informations- bzw. Interventionsstufen). Am Schluss jeder Phase wird ein SOLL-Szenario erreicht, das mit einer Frist und durch konkrete Reduktionsziele der PM10-Belastung charakterisiert ist (s. Tabelle 14).

Die Emissionsreduktionsziele wurden so konzipiert, dass im End-Szenario die höchste Gebäude- und Anlage-Effizienz erreicht wird. Gleichzeitig werden die Ziele für die Spitzenbelastungen festgelegt. Im SOLL-Szenario A (d.h. nach 2 Jahren nach Inkrafttreten des Massnahmenplans) müssen die jährlichen Emissionen der Holzfeuerungen um 500 kg reduziert werden und gleichzeitig die jährliche Anzahl Überschreitungen des PM10-Tagesmittelgrenzwertes um 25% abnehmen. Im Aktionsplan sind Massnahmen vorgesehen, die sofort eingeführt und vollzogen werden können. Diese Massnahmen (in erster Linie Kontrolle) ermöglichen es, die besonders kritischen Holzfeuerungen zu sanieren (oder mindestens während der Winterperiode still zu legen).

Für die Absenkung der Spitzenbelastungen wird eine Interventionsstufe im Aktionsplan eingeführt. Beim Überschreiten des Anderthalbfachen des Tagesmittel-Grenzwertes (d.h. ab der *Informationsstufe* von 75 µg/m³) und bei ungünstigen meteorologischen Prognosen informiert das ANU die Gemeinden. Die Gemeinden informieren die Bevölkerung über die hohe PM10-Belastung. Dabei muss die Bevölkerung daran erinnert werden, dass die Verbrennung von Holz in offenen Feuerstellen verboten ist.

Die Massnahmen der ersten Phase gelten als Vorbereitung für die zweite Phase, die zum Ziel hat, die Emissionen gegenüber dem IST-Zustand um 1900 kg/a zu reduzieren (SOLL-Szenario B nach 5 Jahren nach Inkrafttreten des Massnahmenplans). Nach Einführung (Aktionsplan 1) von verschärften Emissionsgrenzwerten für die bestehenden Holzfeuerungen und nach Einleitung der Aktivität der Feuerungskontrolle werden im Aktionsplan 2 (der Kontrolleur braucht zwei Jahre um alle Anlagen zu überprüfen und Sanierungsverfügungen zu erlassen) die Sanierungen stattfinden. Diese werden verfügt und parallel mit geeigneten wirtschaftlichen Mitteln gefördert. Falls möglich, werden die Holzfeuerungen mit einem Filter nachgerüstet oder sie werden vollständig saniert (Ersatz mit effizienteren und saubereren kleinen Holzfeuerungen, die dem Stand der Technik entsprechen). In dieser Phase wird beim Überschreiten der *Interventionsstufe* die Bevölkerung wie in der ersten Phase informiert und gleichzeitig wird die Bevölkerung beauftragt, die Holzverbrennung soweit möglich einzuschränken. Gleichzeitig wird die Bevölkerung daran erinnert, dass in Zukunft (Phase 3) während akuten Smog-Perioden alle sanierungspflichtigen Holzfeuerungen nicht mehr betrieben werden dürfen.

Zur Erreichung des End-Szenarios müssen im Aktionsplan auch geeignete Fördermassnahmen für den Ersatz der Feuerungsanlagen durch effizientere Systeme vorgesehen werden. Da einige Massnahmen – wie die Sanierung von Gebäuden (Wärmeverteilungssysteme und/oder energetisch bessere Gebäudehüllen) – eine wichtige Voraussetzung für den Übergang zu effizienteren Systemen sowie zur Reduktion der Anzahl kleinen Holzfeuerungen sind, werden einige Massnahmen erst in einem dritten Aktionsplan umgesetzt. Der Aktionsplan 3 muss auch eine Verschärfung der Intervention im Fall von Smog-Perioden vorsehen: in solchen Situationen dürfen alle sanierungspflichtigen Holzfeuerungen nicht mehr betrieben werden.

Gemäss LRV (Art. 33 Abs. 1) sind die Massnahmen in der Regel innert 5 Jahren zu verwirklichen. Da aber einige Massnahmen ihre Wirkung erst nach 5 Jahren zeigen und einige Massnahmen (wie z.B. Machbarkeitsstudien von Wärmenetzen) die Grundlage für spätere Realisierungen sind (Anschluss an Fernwärmennetze), ist es sinnvoll ein End-Szenario mit einer Frist nach der üblichen 5-Jahresfrist der LRV vorzusehen.

Phase	Frist (Jahre)	Emissionsreduktion (kg/a)	Überschreitungen Tagesmittelgrenzwert
1. Phase: IST-Zustand – SOLL-Szenario A	+2	-700	-25%
2. Phase: SOLL-Szenario A – SOLL-Szenario B	+5	-1900	-50%
3. Phase: SOLL-Szenario B – End-Szenario	+10	-800	-100%

Tabelle 14 – Sanierungsphasen mit Fristen (angegeben in Jahren nach dem Inkrafttreten des Massnahmenplans) und Reduktionsziele für die PM10-Emissionen der Holzfeuerungen, sowie die Reduktion der Anzahl Überschreitungen der Tagesmittelgrenzwerte.

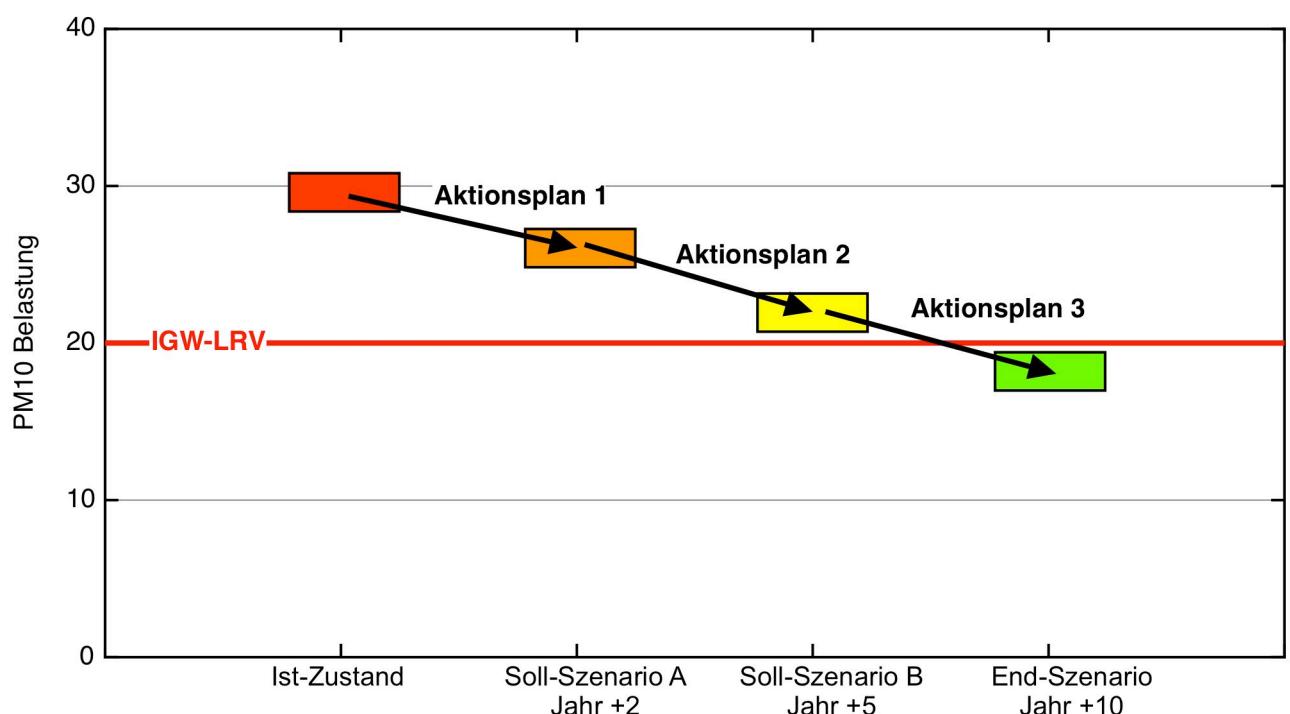


Abbildung 32 – Schematische Darstellung der Reduktion der PM10-Belastung mit 2 SOLL-Szenarien und einem End-Szenario. Die SOLL-Szenarien sind durch Fristen, Reduktionsziele und Aktionspläne definiert.

6. Massnahmen

Gemäss Art. 31 LRV müssen die Behörden einen Massnahmenplan erstellen, wenn feststeht oder zu erwarten ist, dass trotz vorsorglicher Emissionsbegrenzungen übermässige Immissionen durch eine Verkehrsanlage oder mehrere stationäre Anlagen verursacht werden. In einen Massnahmenplan fliessen verschiedene Grundlagen ein und verschiedene Kantons- oder Bundesgesetze müssen berücksichtigt werden.

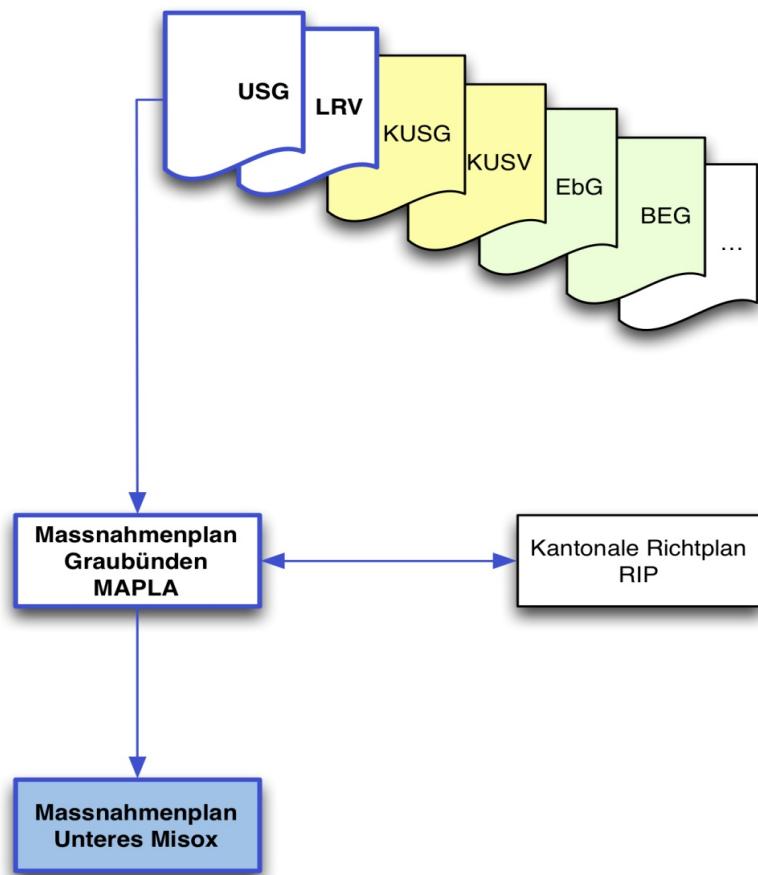


Abbildung 33 – Schematische hierarchische Darstellung der rechtlichen Grundlagen die beim Massnahmenplan Unteres Misox berücksichtigt werden müssen.

Wie in Abbildung 33 schematisch dargestellt, steht der Massnahmenplan ungefähr auf der Ebene des kantonalen Richtplanes, mit dem er abgestimmt werden muss, insbesondere im Fall von Massnahmen, welche räumliche Abstimmungsfragen beinhalten.

Als regionaler Massnahmenplan unterliegt der Massnahmenplan Unteres Misox dem kantonalen Massnahmenplan. Das heisst insbesondere, dass die vom kantonalen Massnahmenplan vorgesehenen Massnahmen automatisch in den Massnahmenplan Unteres Misox einfließen, welcher mit spezifischen regionalen Massnahmen ergänzt wird. Wegen des überregionalen Charakters des Verkehrs ist für diese Quelle im Massnahmenplan Unteres Misox keine spezifische Massnahme vorgesehen, sondern es wird diesbezüglich auf den kantonalen Massnahmenplan verwiesen.

Als Grundlage für die Erarbeitung von neuen Massnahmen ist es zuerst wichtig, die bestehenden Massnahmen zu analysieren.

6.1. Analyse der bestehenden Massnahmen

Der Massnahmenplan Kanton Graubünden wurde im Jahr 2007 in Bezug auf seinen Vollzug evaluiert und aktualisiert [1]. Dabei wurden die Massnahmen in 4 Handlungsfeldern gruppiert:

- A. Massnahmen mit Wirkung auf die Reduktion aller Schadstoffe;
- B. Massnahmen zur Minderung der Ozonbelastung;
- C. Massnahmen zur Minderung der PM10-Belastung;
- D. Massnahmen zur Minderung der Ammoniak-Belastung.

Nr.	Massnahme
C1	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für grosse Holz- und Altholzfeuerungen inkl. Staubminderung (gemäss Revisionsvorschlag LRV 2006)
C2	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für stationäre Verbrennungsmotoren
C3	Holzfeuerungskontrollen bei Anlagen bis 70 kW
C4	Förderung von Partikelabscheidern für kleine Holzfeuerungen
C5	Verbrennung von Grünabfällen
C6	Aus- und Nachrüstung von Linienbussen des öffentlichen Verkehrs und Diesellokomotiven der RhB mit Partikelfiltern
C7	Partikelfilter für dieselbetriebene Maschinen und Geräte bei baustellenähnlichen Anlagen
C8	Minderung von Feinstaub bei dieselbetriebenen Maschinen und Geräten in der Landwirtschaft
C9	Förderung von Partikelfiltern oder alternativen Antrieben und Treibstoffen für Pistenmaschinen
C10	Minderung von PM10 aus Strassenbelägen und Strassenunterhalt
C11	Staubminderung bei Arbeiten im Freien
C12	Feinstaub – Sofortmassnahme

Tabelle 15 – Massnahmenplan Kanton Graubünden (2007): Massnahmen zur Minderung der PM10-Belastung (Kategorie C). In grau geschrieben sind die Massnahmen die kantonal umgesetzt werden.

Die Massnahmen zur Minderung der PM10-Belastung (Kategorie C) sind in Tabelle 15 aufgelistet; diejenigen mit einem Reduktionspotential für das Untere Misox (schwarz geschrieben) werden im Folgenden genauer analysiert.

6.1.1. C3: Holzfeuerungskontrollen bei Anlagen bis 70 kW

Diese Massnahme strebt durch periodische visuelle Kontrollen die Sicherstellung eines schadstoffarmen Betriebes der kleinen Holzfeuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung bis 70 kW an.

Die Massnahme wurde durch die Weisung über die Kontrolle der kleinen Holzfeuerungen im Kanton Graubünden [24] konkretisiert, welche den Ablauf der Kontrolle von kleinen Holzfeuerungen in administrativer, technischer und personeller Hinsicht präzisiert.

Die Weisung legt die Verantwortungen zwischen Kontrolleur (in der Regel der Kaminfeger), Gemeinde (informiert die Bevölkerung und macht den Vertrag mit dem Kontrolleur) und ANU (übergeordnete Kontrollaufsicht) fest. Die Weisung regelt Mahnschreiben und Verzeigungen auch für Anlagen, welche periodisch kontrolliert werden müssen. Insbesondere müssen regelmässig benutzte Anlagen alle zwei Jahre kontrolliert werden, weniger stark benutzte Anlagen mindestens bei der Kaminfeger-Reinigung z.B. nach drei, vier oder fünf Jahren. Weiter beschreibt die Weisung den Umfang der visuellen Kontrollen und die Beurteilungskriterien. Sie unterscheidet verschiedene Stufen von Mängeln: von Bagatelfällen bis zur illegalen Abfallentsorgung.

Anlässlich der seit 2007 durchgeföhrten Feuerungskontrollen wurden im gesamten Misox 6'366 Kontrollen an insgesamt 4606 Anlagen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 16 zusammengefasst. Bei den meisten Kontrollen (6067) waren die Feuerungen in Ordnung.

Anlage Typ	Anlage in Ordnung	Anlagen Bagatell-fälle	Anlagen mit erstmaligen Mängeln
Zentrale Feuerungen	6	0	0
Einraumfeuerungen	6061	169	130
Total Feuerungen	6067	169	130

Tabelle 16 – Statistik der seit 2007 durchgeföhrten Feuerungskontrolle, ganzes Misox (ohne Seitentäler).

Unter der Annahme, dass in 25% der Anlagen unerlaubte Holzbrennstoffe eingesetzt werden, wurde im kantonalen Massnahmenplan ein Reduktionspotential der Feinstaubemissionen von ca. 58 000 kg/a für den ganzen Kanton Graubünden abgeschätzt. Unter derselben Annahme wäre für das Untere Misox eine Reduktion von ca. 870 kg/a zu erwarten.

Aufgrund der beschränkten Anzahl von beanstandeten Mängeln ist die erwartete Wirkung für diese Massnahme als zu hoch angenommen worden. Die visuelle Kontrolle ist eine wichtige Massnahme, durch die der Einsatz von verbotenen Brennstoffen vermieden werden kann. Sie hat jedoch eine beschränkte Wirkung auf die Qualität des Verbrennungsprozesses. Wie Abbildung 34 zeigt, werden die Schadstoffemissionen stark von der für die Verbrennung zur Verfügung stehenden Luftmenge beeinflusst. Bei zu wenig Luft (kleiner Luftüberschuss) steigen die CO-Konzentrationen, und es entstehen Russ-Partikel. Erhöht man die Luftmenge, nehmen bei einem mittleren Luftüberschuss die CO- und die Russ-Emissionen stark ab und die Staub-Emission wird eine Mischung aus Salzen und Russ. Bei zu hohen Luftüberschüssen und niedrigen Verbrennungstemperaturen werden die Emissionen teerhaltig. Um solche Verbrennungsprozesse zu kontrollieren und zu verbessern, braucht es strengere Emissionsgrenzwerte für Einraumfeuerungen und verschärzte Kontrollen.

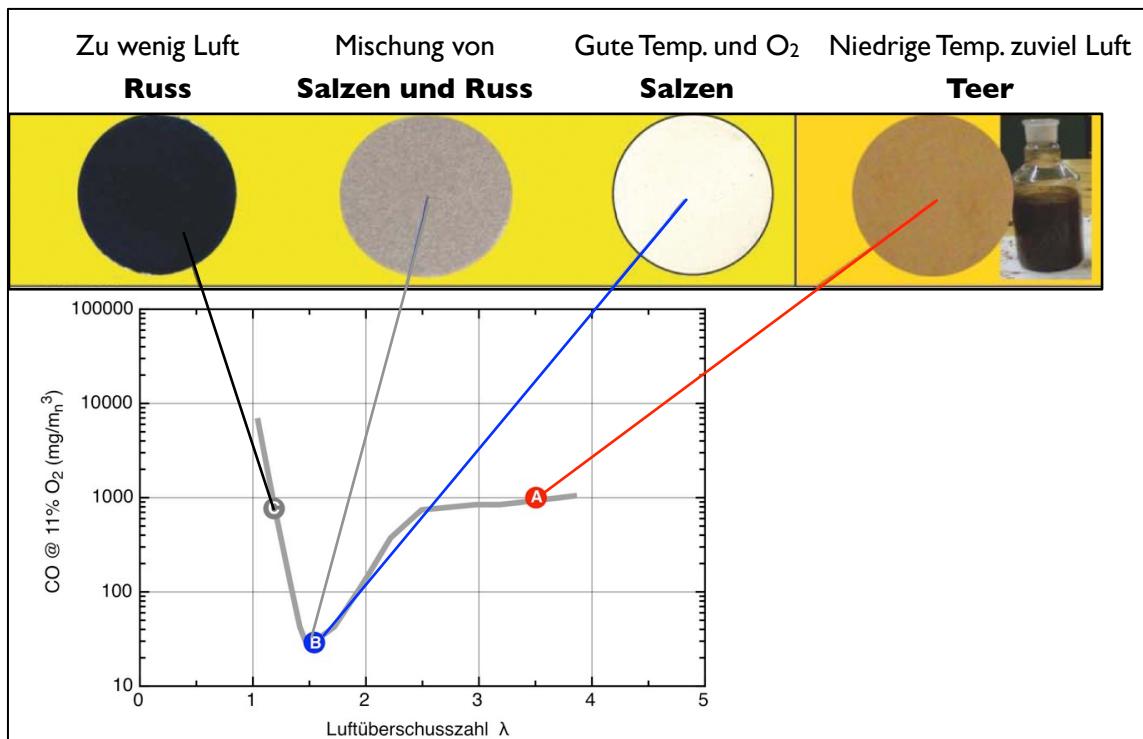


Abbildung 34 – CO-Emissionen (bezogen auf 11% Sauerstoffinhalt für grosse Holzfeuerungen in den Abgasen) und Partikeltypen bei der Holzverbrennung in Funktion mit der Luftüberschusszahl λ [25].

6.1.2. C4: Förderung von Partikelabscheidern für kleine Holzfeuerungen

Mit dieser Massnahme wurde das Amt für Energie und Verkehr (AEV) beauftragt, Förderungsmöglichkeiten von Partikelabscheidern und weiteren emissionsmindernden Massnahmen für kleine Holzfeuerungen im Zusammenhang mit wärmetechnischen Gebäudesanierungen zu prüfen und umzusetzen.

Es sind dafür Förderbeiträge von max. CHF 100 000 pro Jahr während 10 Jahren vorgesehen.

Unter der Annahme einer Reduktion der Raumwärmeerzeugung von bis zu 25% mit bester Technik (Cheminée Kassette mit Ventilator oder automatische Pellet-Feuerungen) wird – unter der Annahme einer Filter-Effizienz gemäss LRV von 60% – das Reduktionspotential von ca. 470 kg/a PM10 für das Untere Misox geschätzt (ohne Berücksichtigung der offenen Cheminées).

Im Kanton Graubünden wurde in den 2006 und 2007 ein Pilot-Versuch mit 5 Partikelabscheidern bei verschiedenen Holzfeuerungen durchgeführt: 2 Pellets-Heizungskessel, 1 Schnitzel-Zentralheizungskessel und 2 Stückholz-Feuerungen. Die Ergebnisse waren die folgenden:

- Der Abscheidegrad der Filter lag zwischen 32 und 49%.
- Um den Abscheidegrad zu erhöhen ist die Wartung und Reinigung des Filters entscheidend: sie muss verdreifacht werden, um einen Abscheidegrad von 75% zu erreichen.
- Feuerungen, die bereits ohne Abscheider mehr als zweimal pro Jahr gereinigt werden müssen, emittieren zu viele Feststoffe für einen Kleinfilter. Der Reinigungsaufwand ist gross.
- Die korrekte Bedienung und die richtige Holzqualität (Stückigkeit und Feuchte) ist bei jeder kleinen Holzfeuerung Grundvoraussetzung für einen bestmöglichen Abbrand.
- Start- und Ausbrandphasen emittieren am meisten Schadstoffe.

- Grundsätzlich sollen Holzheizungen pro Heiztag nur einmal angefeuert werden. Die Wärme ist entsprechend zu speichern (Ausnahme Kochherde und Pelletsöfen).

Die Hersteller von KleinfILTER haben die Produkte weiter entwickelt und die Filtergeneration von 2006 wurde durch neue bessere Systeme abgelöst. Holzenergie Schweiz publiziert auf ihrer Webseite die Liste der Hersteller und Vertreiber von Partikelfiltern (s. Anhang 5), welche die Anforderungen nach Artikel 20 Absatz 1 Buchstabe h Ziffer 2 der LRV – Verminderung der Konzentration der Feststoffe im Abgas im Normalbetrieb um mindestens 60% – erfüllen. Zurzeit werden 4 Filtersysteme für kleine Holzfeuerungen angeboten: 3 elektrostatische Filter und 1 Katalysator-Filter. In der Schweiz wurden bisher hauptsächlich elektrostatische Filter eingesetzt, mehr als 1'800 (Stand 2011). Die Erfahrungen zeigen [25], dass der Betrieb von elektrostatischen Filtern für gute, stationäre Bedingungen unkritisch ist. Sie sind jedoch nicht für alte Feuerungen oder bei schlechtem Feuerungsbetrieb geeignet.

Aufgrund der Erfahrungen kann gesagt werden, dass diese Massnahme noch aktuell ist. Allerdings muss sie mit weiteren Massnahmen zur Reduktion der Emissionen der Holzfeuerungen ergänzt werden.

6.1.3. C5: Verbrennung von Grünabfällen

Mit dieser Massnahme wurde im Wesentlichen die Umsetzung des Merkblatts "Umgang mit Grünabfällen" vom April 2012 des Amtes für Natur und Umwelt verbindlich gemacht [26].

Gemäss diesem Merkblatt müssen Abfälle aus Wald, Feld und Garten (d.h. Grünabfälle) grundsätzlich einer ökologischen Verwertung zugeführt werden. In der Regel muss das Verbrennen natürlicher Grünabfälle vom ANU bewilligt werden, wobei Bewilligungen nur bei der Erfüllung folgender Voraussetzungen erteilt werden:

- es besteht ein übergeordnetes Interesse am Verbrennen des Grünabfalls;
- das Entfernen der Grünabfälle ist aus Sicherheitsgründen notwendig;
- das Gelände, in welchem die Grünabfälle anfallen, ist schwer zugänglich und ein Abtransport ist unverhältnismässig.

Dank der Konkretisierung der ökologischen Verwertung von Grünabfällen wird auf kantonaler Ebene eine Halbierung der Menge von offen verbrannten Grünabfällen und damit eine Reduktion der PM10-Emissionen von ca. 20 000 kg/a erwartet. Im Unteren Misox wird eine Reduktion von mindestens 500 kg/a erwartet.

Gemäss den Bemerkungen der Gemeinden wird aber zu oft von der Ausnahmeregelung für die Grünabfallverbrennung profitiert. Die Massnahme bleibt aktuell, aber sie sollte strenger formuliert werden. Insbesondere ist der unverhältnismässige Aufwand für eine ökologische Beseitigung des Grünabfalles kein genügendes Argument für eine Befreiung vom Verbot.

6.1.4. C6: Aus- und Nachrüstung von Linienbussen des öffentlichen Verkehrs und Diesellokomotiven der RhB mit Partikelfiltern

Zu den für die Gesundheit gefährlichsten Feinstaubteilchen gehört der Russ aus Abgasen von Dieselmotoren. Mit dem Einsatz von geeigneten Partikelfiltern und der Verbesserung der Kraftstoffe, können Partikelemissionen erheblich reduziert werden.

Aufgrund dieser Erkenntnis, wurde die Fachstelle öffentlicher Verkehr beauftragt, einen Investitionskredit zur Umrüstung aller öffentlichen Busse des Kantons ohne Partikelfilter bis 2010 sicherzustellen.

Im Untersuchungsgebiet ist der öffentliche Verkehr durch PostAuto garantiert. Gemäss dem Leistungsbericht 2012 von PostAuto [27] sind mehr als 90% der Jahreskilometerleistung mit Fahrzeugen mit Partikelfiltern garantiert. Die damit im Unteren Misox reduzierten Emissionen betragen ca. 130 kg/a PM10. Obwohl diese Menge klein ist, ist es wichtig zu betonen, dass die vermiedenen Emissionen zum grössten Teil innerhalb der Dörfer erfolgen und vor allem Dieselrusspartikel reduziert worden sind.

6.1.5. C8: Minderung von Feinstaub bei dieselbetriebenen Maschinen und Geräten in der Landwirtschaft

Landwirtschaftliche Maschinen sind ebenfalls eine bedeutende Emissionsquelle. Dieselmotoren emittieren gesundheitlich besonders bedenkliche Mengen an Russ, sofern sie nicht mit einem Dieselpartikelfilter betrieben werden. Analog zu den Baumaschinen ist auch bei landwirtschaftlichen Maschinen die Feinstaub- und Russemision zu mindern.

Der Einsatz von Partikelfiltern für land- und forstwirtschaftliche Traktoren wurde von der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) untersucht. Die Untersuchungen [28] zeigen, dass der nachträgliche Aufbau eines Partikelfilters bei Traktoren technisch grundsätzlich machbar ist. Alle getesteten Filter verfügen über eine hohe Wirksamkeit von mindestens 99%. Das Filtersystem muss aber je nach Einsatz im land- und forstwirtschaftlichen Bereich sorgfältig ausgewählt, spezifisch dimensioniert und – wie andere Motorkomponenten – ebenfalls regelmässig gewartet und gepflegt werden. Deshalb verursacht der Filteraufbau auf einem Traktor mittlerer Grösse Kosten zwischen etwa CHF 8000 und 15 000. Zusätzlich fallen wiederkehrende Kosten für die Filterreinigung an.

Das Reduktionspotential für PM10 bei land- und forstwirtschaftlichen Maschinen beträgt 100 kg/a.

6.1.6. C11: Staubminderung bei Arbeiten im Freien

Diese Massnahme hat als Ziel, die Emissionen bei stauberzeugenden Arbeiten im Freien zu verhindern. Grundsätzlich wird eine Erfassung der Emissionen gemäss der Richtlinie zur "Luftreinhaltung auf Baustellen" verlangt (z.B. durch die Einrichtung von Pneu-Waschanlagen für Lastwagen auf Baustellen).

Es handelt sich hier um eine wichtige vorsorgliche Massnahme, deren Wirksamkeit jedoch für das Untere Misox schwer quantifizierbar ist.

6.1.7. C12: Feinstaub – Sofortmassnahme

Die Massnahme orientiert sich an dem von der Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz (BPUK) erarbeiteten Informations- und Interventionskonzept bei ausserordentlich hoher Luftbelastung [29]. Sie definiert eine Informationsstufe (Anderthalbfachen des Tagesmittelgrenzwertes für PM10) bei deren Überschreitung das ANU die Gemeinden in den betroffenen Gebieten mit einem Bulletin über die aktuelle Situation informieren muss. Weiter müssen temporäre Sofortmassnahmen beim Erreichen der Interventionsstufe (doppelter Tagesmittelgrenzwert) getroffen werden:

- Tempo 80 auf der A13 auf den mit 120 signalisierten Abschnitten;

- Feuerverbot im Freien;
- Appell zum Verzicht auf Feststoffzweitfeuerungen;
- Appell zum Verzicht auf den Einsatz von Baumaschinen/Traktoren ohne Partikelfilter.

Temporäre Massnahmen während winterlichen Inversionslagen (und sommerlichen Schönwetterperioden) sind lediglich “Notfall-Konzepte”, die nur bei ausserordentlichen Situationen der Luftbelastung zur Anwendung kommen. Sie dienen dazu die Belastungsspitzen zu brechen bzw. den weiteren Anstieg der Luftbelastung im Sinne der Schadensbegrenzung zu verhindern. Für das ganze Misox beträgt die erwartete PM10-Emissionsminderung 9 kg/Tag, was ungefähr der Reduktion von PM10-Emissionen beim Stilllegen der Hälfte der Holzfeuerungen während eines Tages entspricht (s. auch [1]). Es ist damit klar, dass mit temporären Massnahmen das Problem nicht dauerhaft gelöst, sondern nur vorübergehend entschärft werden kann.

Der Kanton Graubünden wird die Sofortmassnahme C12 nur auslösen, wenn der Kanton Tessin im Sopraceneri Sofortmassnahmen ergreift. Im Sopraceneri war dies bisher noch nie der Fall, und daher ist die Sofortmassnahme im Misox noch nie zum Einsatz gekommen. Ebenfalls wurde bisher auf die Information der Gemeinden San Vittore und Roveredo bei stark erhöhter PM10-Belastung verzichtet.

Nicht zu unterschätzen ist aber die positive Nebenwirkung derartiger Massnahmen hinsichtlich der Sensibilisierung der Bevölkerung. Damit erhöht sich ihre Bereitschaft einen persönlichen Beitrag zur Reduktion der Luftbelastung zu leisten. Sofortmassnahmen mit Interventionsstufen können daher in Aktionsplänen als flankierende Massnahmen für zukünftige dauerhafte Massnahmen integriert werden.

6.2. Beurteilungskriterien für neue Massnahmen

Es wird vorgeschlagen, die Massnahmen nach der **ihrer Zieleffizienz** (s. [17]) zu beurteilen. Als zieleffizient werden Massnahmen bezeichnet, die in einer Gesamtbetrachtung für die Erreichung der Emissionsziele als **zweckmäßig** und **zielführend** zu betrachten sind. Diese Gesamtbetrachtung geht von zahlenmäßig festlegbaren Kriterien aus:

A. Effizienz

Sie beschreibt die *Wirksamkeit* d.h. die zentrale Frage für die Bewertung einer Massnahme hinsichtlich ihrer Effizienz und lautet: “In welchem Verhältnis stehen Aufwand und Ertrag einer Massnahme?”

Bei der Anwendung des *Vorsorgeprinzips* des Umweltschutzgesetzes (USG, Art 11 Abs. 2) gilt das Pramat der Effizienz: die Emissionen sind unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung so weit zu begrenzen “*als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist*”. Vorsorgliche Massnahmen zeichnen sich also dadurch aus, dass sie ein aus Sicht von Technik und Kosten angemessenes Verhältnis zwischen Aufwand und Wirkung besitzen.

B. Effektivität

Sie beschreibt die *Wirkungskraft*, den absoluten Erfolg einer Massnahme. Bei der Untersuchung der Effektivität einer Massnahme beantwortet man die Frage: “Welchen Ertrag liefert die Massnahme?”

Falls verschärzte Emissionsbegrenzungen notwendig werden, gilt das Prinzip der Effektivität. Es können aber auch Massnahmen verlangt werden, die ein nicht optimales wirtschaftliches Verhältnis von Aufwand und Ertrag besitzen (USG, Art.11, Abs. 3). Bei den verschärften Emissionsbegrenzungen ist lediglich nachzuweisen, dass die vorgesehenen Massnahmen wesentlich oder merkbar zur Verbesserung einer schädlichen oder lästigen Luftbelastung beitragen.

Eine Massnahme ist **zieleffizient**, wenn:

- sie einen genügend grossen Effekt besitzt, um einen *merkbaren Beitrag* zur Verminderung der Gesamtemission zu leisten;
- sie eine klare erkennbare Wirkung erzielt, auch wenn diese nicht direkt quantifizierbar ist;
- ähnliche Massnahmen sich in anderen Massnahmenbereichen bewährt haben (Analogieschluss);
- ihre Umsetzung *am wenigsten Aufwand* erfordert.

Eine Massnahme ist **nicht zieleffizient**, wenn:

- sie nachweisbar ineffektiv ist;
- ähnliche Effekte mit anderen viel einfacher umsetzbaren Massnahmen erreicht werden können;
- der zeitliche bzw. der politische Aufwand für ihre Umsetzung als unverhältnismässig beurteilt wird.

Bei der Beurteilung der Effizienz und der Effektivität können auch nicht zahlenmässig festlegbare, d.h. qualitative Beurteilungsgrössen und Kriterien ausserhalb des Bereichs der „reinen“ Luftreinhaltung (z.B. Klimaschutz und Energiepolitik) berücksichtigt werden.

6.3. Neue (zusätzliche) Massnahmen

Die Einhaltung der PM10-Immissionsgrenzwerte der Luftreinhaltung-Verordnung (LRV) stellt eine wichtige Teilaufgabe der umfassenden Aufgabe eines nachhaltigen Umgangs mit der Umwelt dar. Die zieleffiziente Nutzung von Synergien mit anderen Teilaufgaben ist deshalb ein zentrales Anliegen der vorgeschlagenen neuen Massnahmen. Insbesondere wurde das Synergie-Potenzial zwischen den Zielen der Luftreinhaltung und der Entwicklung des Energieverbrauchs berücksichtigt.

Trotz der Synergie mit der Verkehrspolitik, wegen ihres überregionalen Charakters, wurde darauf verzichtet neue Massnahmen für diese Quellengruppen vorzuschlagen. Da im Winter die PM10-Emissionen zu über der Hälfte aus der Verbrennung von Holz stammen (s. Abbildung 28), konzentrieren sich die neuen Massnahmen auf diesen Bereich.

Es werden folgende neuen Massnahmen vorgeschlagen:

- Erstellen von Unterlagen für Schulprojekte (Massnahme I1), sowie Informationsbroschüren und Exponate (I2) zum richtigen Umgang mit Holzfeuerungen;
- Einrichten eines Informationsschalters (I3), in dem sich Hauseigentümer und Interessierte über die technischen Möglichkeiten und über die finanziellen Förderungen von Sanierungen informieren und beraten lassen können;
- Aufbau eines Interventionskonzepts (I4), um in Phasen kritischer Feinstaubbelastung die Belastungsspitzen mit Betriebs- und Nutzungsbeschränkungen bestimmter noch nicht definierter Holzfeuerungsarten zu brechen;
- Erhebung des Bestandes an Holzfeuerungen sowie des Nutzungsverhaltens (B1) in den restlichen Gemeinden des Unteren Misox nach dem Muster der Gemeinde Grono. Die Erhebung wird als Grundlage fürs Interventionskonzept und für weitergehende Studien zur Machbarkeit von Wärmenetzverbunde dienen.
- Erstellen eines Konzepts zur Überwachung der Immissionssituation und zur Erstellung einer periodischen Erfolgskontrolle (B2);
- Erarbeiten der rechtlichen Voraussetzungen und erstellen der entsprechenden Vollzugshilfen für das Verbot des Verbrennens von Grünabfällen im Freien, für die Verkürzung der Sanierungsfristen von Holzfeuerungsanlagen und für die Einführung von ergänzenden und verschärften Emissionsgrenzwerten für Holzfeuerungen (G1 bis G5);
- Erarbeiten einer Vollzugshilfe zur finanziellen Unterstützung von Sanierungen nach Massgabe der Höhe der Feinstaubreduktion (F1 und F2).

Die 13 neuen Massnahmen werden in den nachfolgenden Unterkapiteln kurz beschrieben. Weitere Details finden sich in den Massnahmenblättern in Anhang 9.

Die Massnahmen sollen im Rahmen von drei Aktionsplänen umgesetzt werden (s. Abbildung 32). Jeder Aktionsplan muss ein SOLL-Szenario erfüllen. Dieser Sachverhalt ist schematisch in Abbildung 35 dargestellt. Dort werden die Massnahmen zusätzlich in thematischen Gruppen zusammengefasst (Beschaffung Basisdaten, Förderung, Information/Intervention, Gesetzliche Beschränkungen).

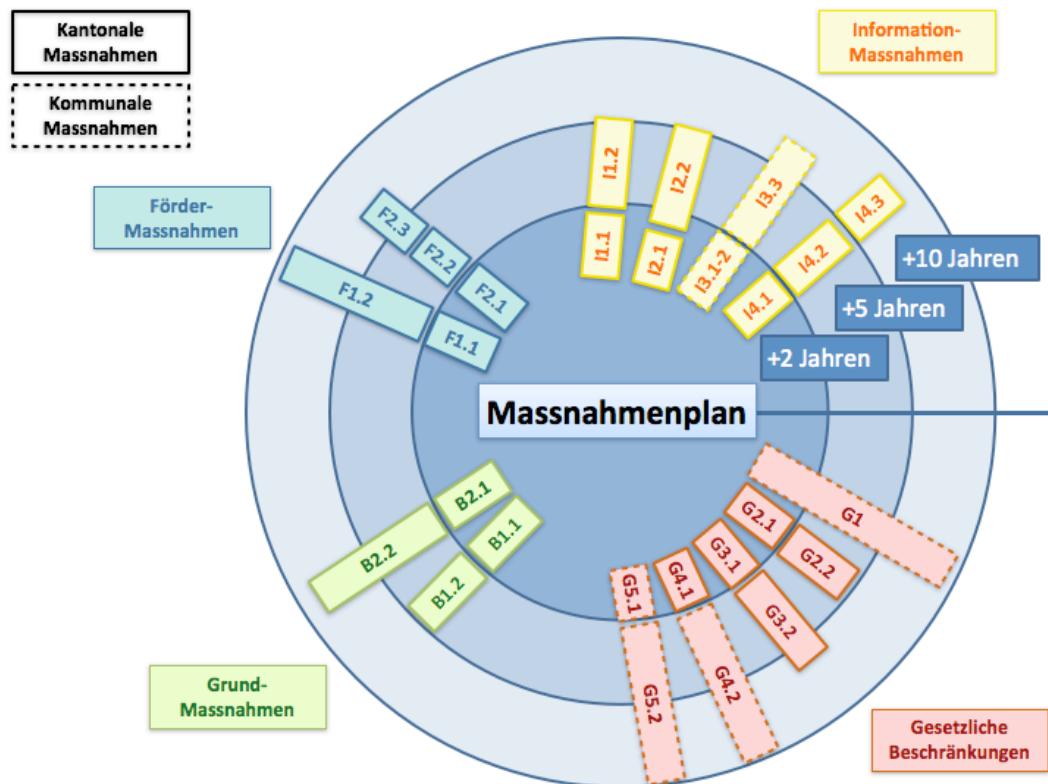


Abbildung 35 – Schematische Darstellung der neuen, zusätzlichen Massnahmen mit Fristen und Zuständigkeiten.
Die Ziffer nach dem Punkt bezeichnet die Phase der Massnahme (Beispiel: F2.2 bezeichnet die Fördermassnahme F2 „Finanzielle Unterstützung von Sanierungen in wirtschaftlichen Härtefällen“ in der Umsetzungsphase 2).

Tabelle 17 liefert eine Bewertung der Massnahmen nach Effizienz und Effektivität. Die Grundlagen für die Bewertung sind in Anhang 8 zu finden.

Nr.	Massnahme Titel	Effizienz (%)	Effektivität (%)
I1	Schulprojekte	3	1
I2	Richtig Feuern	14	4
I3	Schalter für Energie- und Lufthygiene-Beratung	8	8
I4	Informations- und Interventionskonzept	1	1
B1	Erhebung Anlagebestand und Nutzungsverhaltens	11	13
B2	Überwachung und Erfolgskontrolle	3	1
G1	Verbot des Verbrennens von Grünabfällen im Freien	11	7
G2	Filterpflicht für gastgewerblich genutzte Holzfeuerungen (z.B. Pizzaöfen)	3	4
G3	CO-Emissionsgrenzwerte für bestehende Holzfeuerungen mit FWL bis 70 kW	13	22
G4	Winterliche Betriebseinschränkung für offene Feuerstellen	5	6
G5	Umsetzung Stand der Technik bei neuen Holzfeuerungen	2	2
F1	Zusatzförderung bei energetischer Sanierung von Gebäuden	11	14
F2	Finanzielle Unterstützung von Sanierungen in wirtschaftlichen Härtefällen	16	16

Tabelle 17 – Bewertung der neuen, zusätzlichen Massnahmen nach Effizienz und Effektivität. Effektivität bzw. Effizienz (in Prozent) beziehen sich auf die gesamte Effektivität bzw. Effizienz.

6.3.1. I1: Schulprojekte

Ziel dieser Massnahme ist es, Projektwochen in den Schulen zum Thema Luftverschmutzung zu organisieren. Durch die Sensibilisierung der jüngeren Generationen, wird ein erhöhtes Bewusstsein der Bevölkerung über die Effekte einer zum grossen Teil hausgemachten Luftverschmutzung angestrebt.

Die Effektivität dieser Massnahme als reine Informationsmassnahme (kein direktes Emissionsreduktionspotenzial) ist ziemlich bescheiden. Sie lässt sich aber mit relativ hoher Chance und Akzeptanz vollziehen und wird deshalb als effizient beurteilt.

6.3.2. I2: Richtig Feuern

Durch intensive Informationsaktivität über die kritischen Phasen des Anfeuerns und des Ausbrands sowie über die Holzqualität sollen die PM10-Emissionen reduziert werden.

Unter der Annahme, dass während der Anfeuer- und Ausbrandphase rund ein Drittel der PM10-Emissionen stattfinden und dass mit "Richtig Feuern" die Emissionen halbiert werden können, rechnet man für Cheminéeöfen, Cheminéekassetten und offene Cheminées mit einem PM10-Reduktionspotenzial von 396 kg/a.

Obwohl viele Holzfeuerungen von der Massnahme betroffen sind und damit ihr Reduktionspotenzial relativ gross ist, muss die Effektivität wegen der mangelhaften Technologie als mässig beurteilt werden. Die Massnahme zeichnet sich dafür durch eine breite Akzeptanz und eine hohe Chance im Vollzug aus.

6.3.3. I3: Schalter für Energie- und Lufthygiene-Beratung

Mit dieser Massnahme soll den Bürgern eine kostengünstige Unterstützung bzw. Orientierung über die Möglichkeiten der Feinstaubreduktion oder -vermeidung bei der Sanierung von Holzfeuerungen angeboten werden. Ein regionaler Schalter für Energie- und Lufthygiene-Fragen soll für eine neutrale, kompetente und umfassende Beratung sorgen. Dabei sollen technische, finanzielle und ökologische Aspekte behandelt sowie zusätzliche Bedürfnisse der Benutzer berücksichtigt werden.

Unter der Annahme, dass rund ein Fünftel der Betroffenen die Beratung nutzen und dass dadurch die Emissionen halbiert werden können, wird das Reduktionspotenzial der PM10-Emissionen auf 352 kg/a geschätzt.

Die Massnahme ist unter dem Gesichtspunkt der Effizienz interessant. Sie dürfte wahrscheinlich eine gute Akzeptanz im Vollzug haben. Dank dieser Massnahme kann die Akzeptanz anderer Massnahmen zusätzlich verbessert werden. Letzterer Aspekt wurde nicht bewertet.

6.3.4. I4: Informations- und Interventionskonzept

Die Massnahme konkretisiert das "Informations- und Interventionskonzept bei ausserordentlich hoher Luftbelastung" der Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz (BPUK). Bei akuten Smog-Perioden und ungünstigen Wetterprognosen muss die Bevölkerung über die Ursachen und Folgen der daraus (möglicherweise) resultierenden hohen Feinstaubbelastung informiert werden. Die Information wird mit Interventionen vervollständigt, die sich in einer stufenweise zunehmenden Einschränkung des Betriebs von sanierungspflichtigen Holzfeuerungen konkretisiert.

Das PM10-Reduktionspotenzial dieser Massnahme (96 kg/a) wird unter der Annahme von durchschnittlich 10 Tagen pro Jahr mit ausserordentlich hoher Luftbelastung abgeschätzt.

Als Folge der erwarteten Verbesserung der Luftqualität werden in Zukunft Smog-Perioden seltener werden. Daher ist die Wachstumsdynamik dieser Massnahme bescheiden und kombiniert mit dem beschränkten Reduktionspotenzial, ergibt dies eine kleine Effektivität. Die Schwierigkeiten im Vollzug (insbesondere wegen der nötigen Kontrollen) sowie die beschränkte Akzeptanz beeinflussen die Effizienz dieser Massnahme negativ.

6.3.5. B1: Erhebung des Anlagebestands und des Nutzungsverhaltens

Mit dieser Massnahme soll die Pilotstudie der Gemeinde Grono auch in den anderen Gemeinden durchgeführt werden. Dabei werden bestehende Heizanlagen bezüglich Installation und Einsatz im Detail erhoben. Auf Basis dieser soliden Datengrundlage sollen Machbarkeitsstudien für die Realisierung von lokalen Wärmenetzen ermöglicht werden. Wärmenetze haben den Vorteil, dass dank der grösseren Anzahl an Wärmebezüger die Installation einer zentralen Anlage mit hocheffizienten Abgasreinigungssystemen wirtschaftlich interessant wird.

Unter der Annahme, dass in Zukunft rund ein Fünftel der Gebäude mit Holzfeuerungen an einem lokalen Wärmenetz angeschlossen werden kann, reduzieren sich die PM10-Emissionen um 634 kg/a (Annahme: bei den betroffenen Gebäuden beträgt die Emissionsreduktion 90%).

Die Massnahme zeichnet sich für gute Bewertungen bei Effizienz und Effektivität ab. Im Allgemeinen wird sie mehr als effizient als effektiv beurteilt. Grund dafür sind die begrenzten Chancen der Technik in Bezug auf bestehende alte Gebäude ohne zentrales Heizungssystem (keine Wärmeverteilung).

6.3.6. B2: Immissionsüberwachung und Erfolgskontrolle

Mittels kontinuierlicher Messungen der PM10-Immissionen und weiterer Luftschaadstoffe soll die Umsetzung des Massnahmenplans überwacht werden. Das bestehende Luftmessnetz wird je nach Bedarf erweitert, so dass eine lokalspezifische Erfolgskontrolle geführt werden kann.

Die Erfolgskontrolle stellt eine wichtige Verifizierung dar, um die Effektivität der umgesetzten Massnahmen zu quantifizieren. Mittels periodischer Berichterstattung soll dabei die Regierung über den Stand der Sanierungen und der Luftbelastung im Unteren Misox informiert werden. Anhand der Erfolgskontrolle können die bestehenden Massnahmen überprüft, nötigenfalls angepasst oder zusätzlich Massnahmen eingeführt werden um das Sanierungsziel zu erreichen.

6.3.7. G1: Verbot des Verbrennens von Grünabfällen im Freien

Durch Einführung eines allgemeinen Verbotes für die Verbrennung von Grünabfällen im Freien wird die Anzahl von Ausnahmefällen reduziert. Grünabfälle sollen grundsätzlich verwertet werden.

Dank dem hohen Anteil, der durch das Verbrennen von Grünabfällen verursachten PM10-Emissionen, ist das PM10-Reduktionspotenzial (524 kg/a) und damit die Effektivität der Massnahme gross. Das Verbot lässt sich einfach auf Gemeindeebene mit genügender Akzeptanz einführen. Die Massnahme hat damit auch eine gute Effizienz.

6.3.8. G2: Filterpflicht für gastgewerblich genutzte Holzfeuerungen (z.B. Pizzaöfen)

Ziel der Massnahme ist die Reduktion der Feststoff-Emissionen bei Pizzaöfen während der kalten Jahreszeit (von November bis Februar). Falls sie während diesen Monaten betrieben werden, müssen sie mit Rauchgasreinigungsanlagen aus- oder nachgerüstet werden.

Bei dieser Massnahme will man die technischen Möglichkeiten von Nassfiltern auszunützen. Unter Berücksichtigung des Abscheidegrades von diesen Filtern (80%) berechnet sich ein PM10-Reduktionspotenzial von 192 kg/a. Die Effektivität ist mittel. In Bezug auf die Effizienz gilt zu beachten, dass die Chancen für den Vollzug relativ hoch stehen, da sich die Massnahme relativ einfach gesetzlich umsetzen lässt und die betroffenen Anlagen relativ einfach zu kontrollieren sind.

6.3.9. G3: CO-Emissionsgrenzwerte für bestehende Holzfeuerungen mit Feuerwärmeleistung (FWL) bis 70 kW

Die Vollständigkeit einer Verbrennung und damit auch die Emissionen von Luftschadstoffen lassen sich in der Regel mittels der CO-Konzentrationen beurteilen. Für alle bestehenden Holzfeuerungen mit einer Feuerwärmeleistung bis 70 kW, werden strengere CO-Emissionsgrenzwerte in Abhängigkeit vom Typ der Holzfeuerungsanlage eingeführt.

Die Massnahme kann im Prinzip auf alle Holzfeuerungen angewendet werden. Zur Berechnung der Emissionen und der Reduktionspotenziale werden die offenen Cheminées³ nicht berücksichtigt, da sie zur Raumwärmeproduktion aufgrund ihres bescheidenen Wirkungsgrades einen sehr geringen Beitrag leisten. Die Emissionen der betroffenen Anlagen können, mit der Anwendung des neuesten Stands der Technik (z.B. Pellets) halbiert werden. Würden die neuen Anlagen mit einem Filter nachgerüstet, könnte man die Emissionen um weitere 60% reduzieren. Das geschätzte Reduktionspotenzial beträgt 2'217 kg/a.

Bei dieser Massnahme handelt es sich um die Massnahme mit der höchsten Effektivität. Dieses Ergebnis ist eine direkte Folge des hohen Emissionsreduktionspotenzials aber auch der positiven Wachstumsdynamik in Folge der schweizerischen Klimapolitik, die eine zunehmende Energiemenge aus Biomasse fördert. Die Chancen der Durchsetzung der Technologie (s. moderne Holzfeuerungen mit elektrostatischen Filtersystemen) werden als hoch eingestuft.

Die Massnahme schneidet in Bezug auf ihre Effizienz weniger gut ab. Der Hauptgrund dafür ist insbesondere die bescheidene Akzeptanz im Vollzug. Um diesen Punkt zu verbessern, sollte sich die Massnahme auf ältere abgeschriebene und bereits amortisierte Holzfeuerungen konzentrieren, aber dann würde das PM10-Reduktionspotenzial abnehmen.

Die Massnahme bleibt eine wichtige und zieleffiziente Massnahme.

6.3.10. G4: Winterliche Betriebseinschränkung für offene Feuerstellen

Mit dieser Massnahme soll der Betrieb von offenen Feuerstellen während der Wintermonate (November bis Februar) verboten werden.

Die Massnahme erlaubt beträchtliche Mengen an Feinstaubemissionen einzusparen (500 kg/a).

³ Die Emissionen von offenen Feuerstellen werden am besten durch die winterliche Betriebseinschränkung kontrolliert.

Die Akzeptanz und Chancen dieser Massnahme müssen im Vollzug als mässig eingestuft werden. Insbesondere entstehen erhebliche Schwierigkeiten bei der Umsetzungskontrolle.

6.3.11. G5: Umsetzung Stand der Technik bei neuen Holzfeuerungen

Neue in Betrieb genommene Holzfeuerungen müssen dem Stand der Technik entsprechen. Dazu ist es notwendig, dass die Gemeinden in ihren Baugesetzen einen entsprechenden Passus aufnehmen und im Rahmen der Baubewilligungsverfahren dies auch überprüfen und durchsetzen. Der Stand der Technik wird durch das Amt für Natur und Umwelt definiert.

Die Energiemenge, die aus Biomasse gewonnen wird, hat in den letzten Jahren in der Schweiz deutlich zugenommen. Dies ist eine direkte Folge der schweizerischen Klimapolitik. Damit in Zukunft keine Widersprüche zwischen den Anliegen des Klimaschutzes und der Luftreinhaltung entstehen, ist es wichtig den Stand der Technik auszunützen.

Die Massnahme ist zieleffizient.

6.3.12. F1: Zusatzförderung bei energetischer Sanierung von Gebäuden

Mit dieser Massnahme sollen insbesondere auch partielle, energetische Sanierungen von bestehenden Gebäuden, welche über eine Holzfeuerung als Haupt- oder Zusatzheizung verfügen, gefördert werden. Eine deutliche Reduktion der PM10-Emissionen wird somit auf zwei Arten erreicht: einerseits durch eine Senkung des Nutzwärmebedarfes und anderseits durch Sanierung oder Ersatz der Heizanlage.

Mit dieser Massnahme wird der Zugang zu den finanziellen Fördermitteln erleichtert, sofern durch die Sanierung oder durch den Ersatz der alten Heizanlage eine substantielle Reduktion der PM10-Emissionen resultiert. Die Akzeptanz und die Chancen einer solchen Massnahme sind im Vollzug sicher gut. Die Kombination der Zusatzförderung bei Vorhandensein einer Holzfeuerung als Haupt- oder Zusatzheizung steigt auch die Effektivität der Massnahme, weil damit die energetische Sanierung gezielt gefördert wird.

6.3.13. F2: Finanzielle Unterstützung von Sanierungen in wirtschaftlichen Härtefällen

Die wirtschaftliche Tragbarkeit der Sanierung oder des Ersatzes von bestehenden Holzfeuerungen soll für Privatpersonen verbessert werden. Gleichzeitig sollen gezielte Förderbeiträge die Sanierungen steuern (bestmögliche Lösungen aus lufthygienischer Sicht).

Diese Massnahme ist eine wichtige flankierende Massnahme zu G3 und hat damit ein grosses Reduktionspotential. Da sie auch bei finanziellen Härtefällen erlaubt das technische Potential (s. z.B. Nachrüstung mit Partikelfiltern) auszunützen, ist sie besonders effektiv. Als wirtschaftliche Fördermassnahme hat sie eine hohe Akzeptanz im Vollzug. Diese Tatsache kombiniert mit dem grossen Reduktionspotential hat zur Folge, dass sie als eine der effizientesten Massnahmen resultiert.

6.4. Massnahmenblätter

In Anhang 10 sind die Massnahmen in Form von Massnahmenblättern zu finden. Sie sind nach den Empfehlungen des Cerc'Air [30] und dem Raster von Tabelle 18 aufgebaut.

MASSNAHME X Mit dem Titel wird die Massnahme thematisch verortet.	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	Bezeichnung (ID) der Massnahmentypologie (I: Informativ Massnahme, B: Grundmassnahme, G: Gesetzliche Massnahme F: Fördermassnahme), sowie Nummer der Massnahme.
Beschreibung	Inhaltliche Beschreibung der Massnahme.
Typ	“Kantonale Massnahme” oder “kommunale Massnahme”.
Ziel	Was soll mit der Massnahme erreicht werden?
Kontext	Der Kontext wird beschrieben. Es wird erklärt, warum die Massnahme sinnvoll ist.
Wirkungen	Der Wirkungszusammenhang zwischen der Massnahme und der Reduktion von Emissionen wird erklärt. Wo möglich, wird die erwartete Reduktionswirkung auf die PM10 qualitativ/quantitativ abgeschätzt.
Beziehungen zu anderen Massnahmen	Synergien mit anderen Massnahmen werden aufgezeigt.
Kosten	Kosten werden – soweit möglich – charakterisiert: Kostenträger, evtl. zeitliche Komponenten (einmalig, wiederkehrend, ...), evtl. Kostenart (Sach-/Personalkosten).
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	Für den Vollzug der Massnahme zuständige Behörde.
Umsetzung	Prozess: <ul style="list-style-type: none"> Rezeptartige Beschreibung der Schritte, welche die zuständige Behörde zur Umsetzung der Massnahme leisten muss. Inhalt: <ul style="list-style-type: none"> Wenn nötig, Hinweise zur Gestaltung der Massnahme.
Fristen / Aktionspläne	Hinweise auf relevante Fristen und Aktionspläne.
Rechtsgrundlagen	Hinweise auf Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Vollzugshilfen.
Erläuternde Dok.	Weitere relevante Dokumente.
ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Indikatoren, die ein Monitoring des Massnahme-Vollzugs erlauben.

Tabelle 18 –Charakterisierung der Massnahmen (basierend auf den Empfehlungen des Cerc'Air [30]).

7. Schlussbemerkungen und weiteres Vorgehen

Die Analyse der Luftverschmutzung im Unteren Misox hat folgende Erkenntnisse ergeben:

- 1) Das **Stickstoffdioxid** stellt direkt kein relevantes Problem für die Luftbelastung im Unteren Misox dar. Stickoxide sind aber Vorläufersubstanzen des Ozons und Feinstaubes.
- 2) Die **Ozon-Belastung** ist im Sommer immer noch zu hoch. Nur weitere dauerhaft wirksame überregionale und internationale Massnahmen zur Verminderung der Vorläufersubstanzen (NO_x und VOC) können dieses Problem lösen.
- 3) Die **PM10**-Immissionen sind im Unteren Misox übermäßig und die Immissionsgrenzwerte für das Tages- und Jahresmittel werden überschritten; besonders kritisch sind die kalten Jahreszeiten. Ohne Interventionen wird sich diese Situation nicht verbessern.
- 4) Die **PM10**-Belastung ist im Unteren Misox auf eine spezifische **lokale Situation** zurückzuführen, das Verbesserungspotential durch lokale Massnahmen ist daher beträchtlich.
- 5) Ca. 10% der PM10-Masse besteht aus **Russ**. Da es sich um einen kanzerogenen Luftschaadstoff handelt, müssen die Emissionen nach dem Prinzip des Minimierungsgebotes reduziert werden.
- 6) Während der kalten Perioden ist die **Holzverbrennung** die **Hauptquelle von PM10**: sie verursacht über die Hälfte der winterlichen PM10-Immissionen.

Auf der Basis dieser Situation wurde vom ANU entschieden, den kantonalen Massnahmenplan mit regionalspezifischen Massnahmen für den Feinstaub zu ergänzen. Diese Massnahmen sollen dazu beitragen die **Ziele der LRV im Zeitraum von 2015 bis 2025 zu erreichen**.

Es wurde ein stufenweises Vorgehen in **drei Phasen** vorgeschlagen. Für jede Phase ist ein Aktionsplan vorgesehen, welcher verschiedene Massnahmen enthält. Für die Identifizierung der Massnahmen wurde der Stand der Technik berücksichtigt und gleichzeitig wurden verschiedene Instrumente - Information, legislative Vorschriften und finanzielle Förderungen – bei der Konkretisierung berücksichtigt.

Der vorliegende Bericht enthält einen pragmatischen Handlungskatalog mit **13 konkreten Massnahmen**:

- I1** Schulprojekte
- I2** Richtig Feuern
- I3** Schalter für Energie- und Lufthygiene-Beratung
- I4** Informations- und Interventionskonzept
- B1** Erhebung des Anlagebestandes und des Nutzungsverhaltens
- B2** Immissionsüberwachung und Erfolgskontrolle
- G1** Verbot des Verbrennens von Grünabfällen im Freien
- G2** Filterpflicht für gastgewerblich genutzte Holzfeuerungen (z.B. Pizzaöfen)
- G3** CO-Emissionsgrenzwerte für bestehende Holzfeuerungen mit FWL bis 70 kW
- G4** Winterliche Betriebseinschränkung für offene Feuerstellen
- G5** Umsetzung Stand der Technik bei neuen Holzfeuerungen
- F1** Zusatzförderung bei energetischer Sanierung von Gebäuden
- F2** Finanzielle Unterstützung von Sanierungen in wirtschaftlichen Härtefällen

Die vorgeschlagenen Massnahmen sind in Form von sogenannten Massnahmenblättern beschrieben. Die Beschreibung gibt u.a. wichtige Hinweise über Ziel und Zweck, Wirkung, Kosten, Nutzen und die Zuständigkeiten für den Vollzug.

Die Massnahmen wurden nach den Kriterien der **Effizienz** und der **Effektivität** bewertet. Für die "Benotung" der Massnahmen wurden die Reduktionspotentiale, die Wachstumsdynamik, die Chancen der Technik, die Chancen im Vollzug und die Akzeptanz im Vollzug betrachtet. Die Mittelwerte der Benotungen der beteiligten Fachleute des ANU und von IFEC sind in Abbildung 36 graphisch dargestellt. Man stellt fest, dass die Massnahme G3 (Emissionsgrenzwerte für bestehende Holzfeuerungen) die höchste Effektivität aufweist. Sehr zieleffizient sind auch die zwei Fördermassnahmen und die Grundmassnahme B1 dank dem Reduktionspotential von möglichen lokalen Wärmenetz-Verbunde.

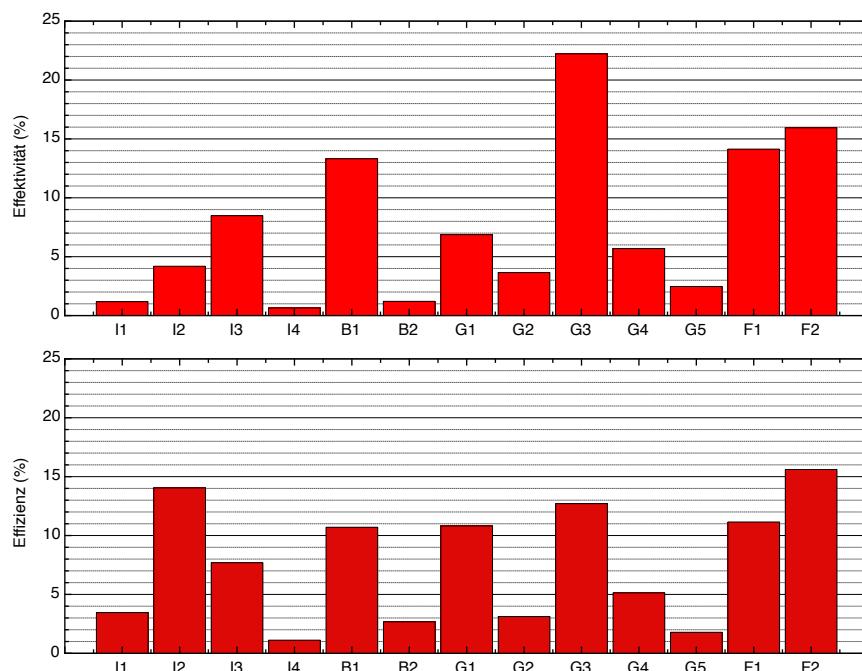


Abbildung 36 – Bewertung der Massnahmen nach Effektivität (oben) und Effizienz (unten).

Die Kosten der Sanierungen lassen sich heute nur schwer beziffern. Sie werden aber in der Grössenordnung zwischen 10 und 15 Mio. Franken liegen. Der Kanton ist bereit, mit gezielten Fördermassnahmen die Anlagebesitzer resp. Hauseigentümer finanziell zu unterstützen. Aber auch die restlichen **Massnahmen werden vom Kanton subventioniert**. Insgesamt sollen **in den nächsten 10 Jahren ca. 2 Mio. Franken** ausgeschüttet werden. Der Kostenplan sieht aber auch eine Beteiligung der Gemeinden in der Grössenordnung von 10% der Gesamtinvestitionen vor (s. Anhang 8). Dies entspricht einem Betrag von ca. **CHF 3 000 pro Gemeinde und Jahr**. Dieser Betrag soll hauptsächlich für die Schulprojekte, Informationskampagnen und für den Betrieb des Beratungsschalters aufgewendet werden.

Nach einem positiven Grundsatzentscheid der Regierung über den regionalen lufthygienischen Massnahmenplan für das Untere Misox sind die einzelnen Massnahmen in Form von Vollzugshilfen, Richtlinien oder Handlungsanweisungen zu konkretisieren und anhand des Arbeits- und Zeitplans von Anhang 8 umzusetzen.

8. Glossar

8.1. Abkürzungsverzeichnis

AEV	Amt für Energie und Verkehr
ANU	Amt für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BC	Black carbon (schwarzer Kohlenstoff)
BPUK	Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz
C ¹⁴	Kohlenstoff 14 (Kohlenstoff-Isotop)
C ₆ H ₁₀ O ₅	Levoglucosan
BEG	Energiegesetz des Kantons Graubünden
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
DTV	Durchschnittliches Tagesverkehr
Emission	Ausstoss von Luftschadstoffen
EC	elementarem Kohlenstoff
FWL	Feuerungswärmeleistung
IARC	International Agency for Research on Cancer
IGW	Immissionsgrenzwert
Immission	Einwirkung von Luftschadstoffen
kg/a	Kilogramm pro Jahr
kW	Kilowatt
LRV	Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (SR 814.318.142.1)
LKW	Lastwagen
mg	Milligramm
MAPLA	Massnahmenplan Lufthygiene
NH ₃	Ammoniak
NO, NO ₂	Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid
NO _x	Stickoxide (Mischung von hauptsächlich NO und NO ₂)
O ₃	Ozon
OC	Organischer Kohlenstoff
OM	Organische Kohlenstoffverbindungen
PAH, PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoff-Verbindungen

PM10	Staubpartikel bis 10 µm Grösse / lungengängiger, gesundheitsschädlicher Feinstaub
POA	Primäre organische Aerosole
PSI	Paul Scherrer Institut
PW	Personenwagen
RG	Regierungsbeschluss
SOA	Sekundäre organische Aerosole
t/a	Tonne pro Jahr
TC	Kohlenstoffhaltige Partikel
USG	Umweltschutzgesetz vom 7. Oktober 1983 (SR 814.01)
U-Wert	Wärmeverlust pro Quadratmeter eines Bauteils bei einer Temperaturdifferenz von 1 °C
µg/m³	Mikrogramm pro Kubikmeter
VOC	Flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds)
WHO	Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization)

8.2. Literaturverzeichnis

- [1] "Stand der Luftreinhalte-Massnahmen im Kanton Graubünden 2006 (mit Aktualisierung des Massnahmenplans)", Amt für Natur und Umwelt (ANU), 2007;
- [2] "Luftqualität 2011 im Kanton Graubünden – Bericht 24. Messjahr", Amt für Natur und Umwelt (ANU), 2012;
- [3] J. Heldstab, C. Bieler, B. Notter und J. Beckbissinger, Emissionskataster Kanton Graubünden 2000-2020, Schlussbericht, Infras & Acontec, 20. Dezember 2013;
- [4] J. Keller, S. Andreani-Aksoyoglu, U. Joss, Inventory of natural emissions in Switzerland, Paul Scherrer Institute, Villigen PSI.
- [5] Excel Tabelle "L03_MPL_Bassa_Mesolcina_Emissionsbilanzierung GR_2011_Übersicht", Amt für Natur und Umwelt Graubünden, 2013;
- [6] "Arbeitsblatt Emissionsfaktoren Feuerungen (Stand Oktober 05)", BUWAL, Oktober 2005;
- [7] Liste "Heizölanlagen in Betrieb und messpflichtig", Amt für Natur und Umwelt (ANU), 15.03.2013;
- [8] Excel Tabelle "Übersicht Holzfeuerungen bis 70 kW untere Mesolcina", Amt für Natur und Umwelt (ANU), 15.03.2013;
- [9] Bernasconi A., Cereghetti N. und Realini A., "La qualità die dati OASI: applicazioni nel campo del monitoraggio dell'inquinamento dell'aria", Dati (statistiche e società) Anno VI N.2, Giugno 2006;
- [10] "Verkehrs-Szenarien im Misox, eine Anwendung des Airviro-Systems", Ökoscience Lufthygiene AG, Oktober 1995;
- [11] André Prévôt, Sönke Szidat, Jisca Sandradewi, Rami Alfarra, Markus Furger, Silke Weimer, Ernest Weingartner und Urs Baltensperger "Aerosols from wood burning versus other sources", Paul Scherrer Institut (2006);
- [12] "Umleitung Gotthard, Auswirkung der Verkehrsverlagerung auf die Luft- und Lärmbelastung in den Kantonen Graubünden, Tessin und Uri", Kantonale Umweltschutzämter GR, TI und UR sowie BUWAL (2002);
- [13] "Feinstaub in der Schweiz", Status-Bericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene (2007);
- [14] "ATMOSPHERE Sources of Asian Haze", Science 323(5913): 470-471;
- [15] André Prévôt, Sönke Szidat, Peter Zotter, Gabriela Ciobanu, Yanlin Zhang, Kaspar Dällenbach, Imad El-Haddad und Urs Baltensperger "Quellenzuordnung von Feinstaub für Wintertage mit Grenzwertüberschreitungen", Zwischenbericht (2012);
- [16] Putaud J.-P. et al. "A European Aerosol Phenomenology", EUR 20411 EN (2003);
- [17] "Weiterentwicklung des Luftreinhaltekonzepts: Stand, Handlungsbedarf, mögliche Massnahmen", BUWAL, Schriftenreihe Umwelt Nr. 379 (2005);
- [18] Durchblick 2011 - Graubünden in Zahlen, Ufficio dell'economia e del turismo dei Grigioni, Statistica;
- [19] Ackermann-Liebrich U, et al. "Lung function and long term exposure to air pollutants in Switzerland", Am J Respir Crit Care Med; 155: 122-129 (1997);
- [20] Bayer-Oglesby L et I. "Decline of ambient air pollution levels and improved respiratory health in Swiss children", Environ Health Perspect; 113 (11): 1632-1637 (2005);
- [21] Pope CA, et al. "Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution", J Am Med Assoc; 287 (9): 1132-1141 (2002);

- [22] Silverman D. T. et al. "The Diesel Exhaust in Miners Study: A Nested Case–Control Study of Lung Cancer and Diesel Exhaust", JNCI J Natl Cancer Inst (2012) <http://jnci.oxfordjournals.org/content/early/2012/03/05/jnci.djs034.abstract> und "The Diesel Exhaust in Miners Study: A Cohort Mortality Study With Emphasis on Lung Cancer", JNCI J Natl Cancer Inst (2012): <http://jnci.oxfordjournals.org/content/early/2012/03/05/jnci.djs035.abstract>
- [23] IARC, Press release N. 213 (Juni 2012);
- [24] Weisung über die Kontrolle der kleinen Holzfeuerungen im Kanton Graubünden, Amt für Natur und Umwelt (September 2011); L W003 / LW 003i).
- [25] T. Nussbaumer, Staubabscheidesysteme – eine Einführung, BAFU-Fachtagung Holzverbrennung und Feinstaub, Bern 8.11.11;
- [26] Merkblatt "Umgang mit Grünabfällen", Amt für Natur und Umwelt (2012);
- [27] PostAuto: Leistungsbericht 2012 (s. <http://www.postauto.ch/pag-startseite/pag-ueberuns/pag-medien/pag-medien-leistungsberichte/pag-nat-leistungsbericht-2012.pdf>);
- [28] Marco Landis, Isidor Schiess und Ueli Wolfensberger "Partikelfilter-Nachrüstung bei Traktoren", ART Berichte Nr. 677 (2007);
- [29] "Informations- und Interventionskonzept bei ausserordentlich hoher Luftbelastung", Bau- Planungs- und Umweltdirektoren- Konferenz (BPUK);
- [30] "Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität, Cercl'Air (2012).

8.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Toxikologisch wichtige Schwebestaubcharakteristika.....	18
Tabelle 2 - Zusammenstellung der mit der Feinstaubbelastung assoziierten gesundheitlichen Folgen.	20
Tabelle 3 - Immissionsgrenzwerte nach Anhang 7 LRV in ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	21
Tabelle 4 – Zusammenfassung der Anzahl Holz- und Heizölfeuerungen pro Gemeinde im Unteren Misox (siehe [8]).	34
Tabelle 5 – Zusammenfassung der Emissionsfaktoren und der spezifischen Nutzenergieangaben der verschiedenen Holzfeuerungskategorien im Vergleich mit Heizölfeuerungen.....	35
Tabelle 6 – Berechnung der PM10- und NO _x -Emissionen und der Nutzenergieverbräuche der verschiedenen Feuerungskategorien im Unteren Misox (Gemeinden Cama, Grono, Leggia, Lostallo, Roveredo, San Vittore und Verdabbio).	36
Tabelle 7 – Zusammenfassung der Emissionen aller Holz- und Öl/Gasfeuerungen im Unteren Misox.	36
Tabelle 8 – Zusammenfassung der Emissionen aus Land- und Forstwirtschaft im Unteren Misox...37	37
Tabelle 9 – Zusammenfassung der biogenen Emissionen im Unteren Misox.	37
Tabelle 10 – Zusammenfassung der Emissionen des Verkehrs im Unteren Misox. Die Emissionen wurden mit dem Verkehrsmodell des Kantons Tessin, das sich bis nach San Bernardino erstreckt, berechnet.	39
Tabelle 11 – Zusammenfassung der Emissionen des Verkehrs im Unteren Misox. Die Emissionen stammen aus dem Emissionskataster des Kantons Graubünden [3].	39
Tabelle 12 – Zusammenfassung der Emissionen aus Industrie und Gewerbe (Maschinen) im Unteren Misox.	40
Tabelle 13 – Zusammenfassung der Emissionen aus Industrie und Gewerbe, (stationäre Anlagen) im Unteren Misox.	41
Tabelle 14 – Sanierungsphasen mit Fristen (angegeben in Jahren nach dem Inkrafttreten des Massnahmenplans) und Reduktionsziele für die PM10-Emissionen der Holzfeuerungen, sowie die Reduktion der Anzahl Überschreitungen der Tagesmittelgrenzwerte.....	48
Tabelle 15 – Massnahmenplan Kanton Graubünden (2007): Massnahmen zur Minderung der PM10-Belastung (Kategorie C). In grau geschrieben sind die Massnahmen die kantonal umgesetzt werden.....	50
Tabelle 16 – Statistik der seit 2007 durchgeföhrten Feuerungskontrolle, ganzes Misox (ohne Seitentäler).	51
Tabelle 17 – Bewertung der neuen, zusätzlichen Massnahmen nach Effizienz und Effektivität. Effektivität bzw. Effizienz (in Prozent) beziehen sich auf die gesamte Effektivität bzw. Effizienz.....58	58
Tabelle 18 –Charakterisierung der Massnahmen (basierend auf den Empfehlungen des Cercl'Air [30]).	63

8.4. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Schematische Darstellung der vernetzten Beziehungen zwischen Emissionsquellen, Luftschadstoffen, Wirkungen und Rezeptoren. SO ₂ : Schwefeldioxid, NH ₃ : Ammoniak, NO ₂ : Stickstoffdioxid, O ₃ : Ozon, VOC: flüchtige organische Verbindungen, CO: Kohlenmonoxid, PM: primärer Staub (wie Russ, Flugasche, Salzkristalle oder mineralische Teilchen), PM10: Feinstaub (mit sekundären Feinstaubanteilen).....	12
Abbildung 2 – Mikroskopische Aufnahmen [13]: a) Dieselrussagglomerat; b) mineralisches Partikel (Gesteinspartikel); c) Abriebpartikel der Eisenbahn und d) Pollen.....	13
Abbildung 3 – Vereinfachte Darstellung der Grössenverteilung der atmosphärischen Partikel in Quellennähe und deren wichtigste Bildungsprozesse [13]: A: ultrafeine Partikel, B: Akkumulationsmodus, C: grobe Partikel. PM10 ist die thorakale Fraktion, d.h. der Feinstaub, der über den Kehlkopf in die Bronchien und Alveolen gelangt.....	14
Abbildung 4 – Kohlenstoffhaltige Partikel sind ein Bestandteil des Feinstaubes PM10 [14]. Quellenzuordnung von OC und EC. Mit Hilfe einer ¹⁴ C-Datierung können diese Quellenbeiträge bestimmt werden.....	15
Abbildung 5 – Zusammensetzung von PM10 an verschiedenen europäischen Messstationen.	16
Abbildung 6 – Ablagerung der Partikel im Atemtrakt des Menschen.	17
Abbildung 7 – PM10-Jahresmittel und Lungenfunktion bei Erwachsenen in der Schweiz (SAPALDIA Studie) [19].....	19
Abbildung 8 – Abnahme der PM10-Belastung und Rückgang der Häufigkeit von chronischem Husten bei Schweizer Schulkindern von 1992/93 bis 1998/2001 (SCARPOL Studie) [20].	19
Abbildung 9 – Luftqualität im Unteren Misox, 2011. Prozentuale Darstellung der höchsten Belastung im Vergleich zum Immissionsgrenzwert (IGW).	22
Abbildung 10 – Entwicklung NO ₂ -Konzentrationen im Unteren Misox. Die Messpunkte wurden in 2 Gruppen je nach langjähriger mittlerer Belastung (< oder ≥ 20 µg/m ³) getrennt. Für jede Gruppe wurden die Jahresmittelwerte berechnet.	22
Abbildung 11 – Profil der NO ₂ -Konzentrationen quer zur A13 im Unteren Misox (Jahresmittelwerte). Die verschiedenen Punkte beziehen sich auf verschiedene Jahre (zwischen 1999 und 2011). Die blaue Kurve zeigt die mittlere räumliche Ausdehnung.	23
Abbildung 12 – Anzahl Überschreitungen des PM10-Tagesmittelgrenzwertes als Funktion des Jahresmittelwerts (Jahr 2011). San Vittore (blau ausgefüllter Punkt) zeigt im Vergleich mit anderen Ortschaften auf der Alpen-Südseite (blau umrandete Punkt) ein spezielles Verhalten.	24
Abbildung 13 – Entwicklung der PM10-Jahresmittel im Unteren Misox im Vergleich zu anderen Ortschaften. Die horizontale rote Linie zeigt den IGW für das Jahresmittel. Ab 2008 sind die PM10-Werte für Roveredo aus denjenigen von San Vittore berechnet (Faktor von 0.73). In Lila werden die aktuellen Trends in Lugano (punktierte Kurve) und San Vittore (gestrichelte Kurve) gezeigt.....	24
Abbildung 14 – Typische PM10-Tagesgänge in San Vittore (2011) aus der Cluster-Analyse. Die Fehlerbalken zeigen die statistische Streuung für jeden Halbstundenmittelwert. Das polare Diagramm in der oberen rechten Ecke zeigt mit roten radialen Segmenten die Tage im Cluster: ein	

Segment um "3 Uhr" bedeutet 1. Januar, um "6 Uhr" 1. April, um "9 Uhr" 1. Juli und um "12 Uhr" 1. Oktober.....	25
Abbildung 15 – Vergleich zwischen dem typischen Winter (2011) PM10-Tagesgang (Cluster 7) in San Vittore (schwarze Punkte, linke Skala) und den PM10-Messungen in Roveredo (13.12.2004 - 24.1.2005) [11]; die gesamten PM10-Konzentrationen (blaue Kurve) ergeben sich aus der Summe der kohlenstoffhaltigen Beiträge des Verkehrs (rote Fläche) und der Holzverbrennung (grüne Fläche). Alle Messungen in Roveredo beziehen sich auf die rechte Skala.	26
Abbildung 16 – Kohlenstoffhaltige Partikemasse: elementare (EM) und organische Partikelmasse (OM) unterteilt in fossile (hauptsächlich aus dem Verkehr) und nicht-fossile (hauptsächlich von den Holzfeuerungen) Anteile. Die Ergebnisse beziehen sich auf die Periode Januar bis März 2005 in Roveredo (Unteres Misox) und Moleno (Leventina). Es ist zu bemerken, dass es sich um relative Darstellungen handelt. Die absoluten Werte sind für die 10 Stichproben unterschiedlich.....	27
Abbildung 17 – Typische EC-Tagesgänge in San Vittore (2011) aus der Cluster-Analyse. Die Fehlerbalken zeigen die statistische Streuung für jeden Halbstundenmittelwert. Das polare Diagramm in der oberen rechten Ecke zeigt mit roten radialen Segmenten die Tage im Cluster: ein Segment um "3 Uhr" bedeutet 1. Januar, um "6 Uhr" 1. April, um "9 Uhr" 1. Juli und um "12 Uhr" 1. Oktober.....	28
Abbildung 18 – Einfluss der Gotthardsperre (24.Okt. bis 21.Dez. 2001) auf den Lastwagenverkehr auf der A2 bzw. der A13 (Grafik links) und auf die mittleren NO _x -, NO ₂ - und PM10-Belastungen (Grafik rechts, Messstation Roveredo) an Werktagen längs der A13 [12].	29
Abbildung 19 – Ozon Anzahl Stunden über 120 µg/m ³ (2011). Unteres Misox (blaue Säulen) im Vergleich zu anderen Stationen auf der Alpen-Südseite (weisse Säulen).	30
Abbildung 20 – Entwicklung der höchsten Ozonstundenmittelwerte 1990 - 2012. Unteres Misox (blaue Kurven) zu Vergleich mit anderen Stationen auf der Alpen-Südseite (schwarz-graue Kurven).	30
Abbildung 21 – Typische Ozon-Tagesgänge in Castaneda (2011) aus der Cluster-Analyse. Die Fehlerbalken zeigen die statistische Streuung für jeden Halbstundenmittelwert. Das polare Diagramm auf der rechten Seite zeigt mit roten radialen Segmenten die Tage im Cluster: ein Segment um "3 Uhr" bedeutet 1. Januar, um "6 Uhr" 1. April, um "9 Uhr" 1. Juli und um "12 Uhr" 1. Oktober.....	31
Abbildung 22 – Typische Ozon-Tagesgänge in Roveredo Municipio (2011) aus der Cluster-Analyse. Die Fehlerbalken zeigen die statistische Streuung für jeden Halbstundenmittelwert. Das polare Diagramm in der oberen rechten Ecke zeigt mit roten radialen Segmenten die Tage im Cluster: ein Segment um "3 Uhr" bedeutet 1. Januar, um "6 Uhr" 1. April, um "9 Uhr" 1. Juli und um "12 Uhr" 1. Oktober.....	32
Abbildung 23 – Zusammensetzung einer sommerlichen Ozon-Belastung von 200 µg/m ³ auf der Alpensüdseite.....	33
Abbildung 24 – Nutzenergie pro Anlagetyp und Jahr. Die Daten wurden aus der Umfrage in Grono berechnet.	35
Abbildung 25 – Produzierte Nutzenergie pro Jahr und Anlagetyp aller Heizungen im Unteren Misox.	36

Abbildung 26 – Grafische Darstellung des Verkehrsmodells (links ganzes Misox, rechts Unteres Misox).....	38
Abbildung 27 – IST-Zustand der jährlichen Emissionen von NO _x (obere Grafik) und von PM10 (untere Grafik), Vergleich der einzelnen Quellengruppen im Untersuchungsgebiet.	42
Abbildung 28 – IST-Zustand der Emissionen während eines <u>Winterhalbjahrs</u> von NO _x (obere Grafik) und von PM10 (untere Grafik), Vergleich der einzelnen Quellengruppen im Untersuchungsgebiet..	43
Abbildung 29 – PM10-Belastung im Unteren Misox. Oben sind die Jahresmittelwerte dargestellt, die besonders in San Vittore über dem Jahresmittelgrenzwert von 20 µg/m ³ liegen. Unten sind die maximalen Tagesmittelwerte (24h-Mittelwert) der jeweiligen Jahre dargestellt. In diesem Fall wird der Grenzwert von 50 µg/m ³ deutlich überschritten.	44
Abbildung 30 – Mittlere PM10-Tageswerte für verschiedene Cluster. Ebenfalls dargestellt sind die Standard Abweichungen (berechnet auf die Tage im Cluster).	45
Abbildung 31 – PM10-Emissionen pro kWh nützlicher Energie: Vergleich zwischen verschiedenen Feuerungsanlagen.	46
Abbildung 32 – Schematische Darstellung der Reduktion der PM10-Belastung mit 2 SOLL-Szenarien und einem End-Szenario. Die SOLL-Szenarien sind durch Fristen, Reduktionsziele und Aktionspläne definiert.	48
Abbildung 33 – Schematische hierarchische Darstellung der rechtlichen Grundlagen die beim Massnahmenplan Unteres Misox berücksichtigt werden müssen.	49
Abbildung 34 – CO-Emissionen (bezogen auf 11% Sauerstoffinhalt für grosse Holzfeuerungen in den Abgasen) und Partikeltypen bei der Holzverbrennung in Funktion mit der Luftüberschusszahl λ [25].	52
Abbildung 35 – Schematische Darstellung der neuen, zusätzlichen Massnahmen mit Fristen und Zuständigkeiten. Die Ziffer nach dem Punkt bezeichnet die Phase der Massnahme (Beispiel: F2.2 bezeichnet die Fördermassnahme F2 “Finanzielle Unterstützung von Sanierungen in wirtschaftlichen Härtefällen” in der Umsetzungsphase 2).	58
Abbildung 36 – Bewertung der Massnahmen nach Effektivität (oben) und Effizienz (unten).	65

9. Anhang

- Anhang 1** Situation mit Übersicht der Passivsammler für die Messung von NO₂
- Anhang 2** Massnahmenplan Lufthygiene Unteres Misox, "Abschlussbericht Umfrage Grono", IFEC Consulenze SA, 24.02.2014 (Grundlage für die Emissionsabschätzung von Holzfeuerungen < 70 kW und Heizölfeuerungen)
- Anhang 3** Emissionsabschätzung NO_x, biogene Emissionen
- Anhang 4** Emissionsabschätzung NO_x und PM10, Verkehr
- Anhang 5** Partikelfilter welche die Anforderungen nach Artikel 20 Absatz 1 Buchstabe h Ziffer 2 der LRV erfüllen (Holzenergie Schweiz)
- Anhang 6** Art der Berechnung der Effektivität und der Effizienz der Massnahmen
- Anhang 7** Konzept zur Identifizierung von günstigen Gebieten für lokale Wärmenetze
- Anhang 8** Arbeits-, Zeit- und Kostenplan
- Anhang 9** Massnahmenkatalog

ANHANG 9

Massnahmenblätter

SCHULPROJEKTE	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	I1
Beschreibung	<p>Der jüngeren Generation wird im Rahmen von Projektwochen in den Schulen das Thema Luftverschmutzung sowie die Bedeutung einzelner Schadstoffquellen erläutert und näher gebracht.</p> <p>Mit dieser Massnahme sollen sie die wichtigsten Mechanismen zur Entstehung der Luftschatstoffe und deren Auswirkungen auf die Gesundheit kennenlernen.</p>
Typ	Kantonale und kommunale Massnahme.
Ziel	Durch die Sensibilisierung der jüngeren Generationen soll (indirekt) ein breiter Konsens für den Massnahmenplan im Unteren Misox geschaffen werden.
Kontext	Im Unteren Misox ist die PM10-Belastung zu hoch. Die Beziehungen zwischen übermässigen PM10-Immissionen und gesundheitlichen Auswirkung sollten erläutert werden. Gleichzeitig werden die Ursachen der Luftverschmutzung erklärt mit dem Ziel, den hohen Anteil der "hausgemachten" Feinstaubbelastung zu zeigen.
Wirkungen	Dank eines erhöhten Bewusstseins der Bevölkerung über die Auswirkungen einer zum grossen Teil hausgemachten Luftverschmutzung steigt die Bereitschaft, zu Gunsten der Reduktion der Schadstoffemissionen zu handeln.
Beziehungen zu anderen Massnahmen	Ergebnissen aus dem Schulprojekt können eventuell im Rahmen der Sensibilisierung über die Thematik des richtigen Feuerns verwendet werden (siehe Massnahme I2).
Kosten	Über das Thema Lufthygiene / Luftschatstoffe hat die Trägerschaft air4life bereits interessantes didaktisches Material erarbeitet, welches Schulklassen für Projektwochen oder Einzellektionen zur Verfügung steht. Dieses Material muss jedoch noch ins Italienische übersetzt und den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden. Die Kosten für das Bereitstellen des Unterrichtsmaterials werden vom Kanton (ANU) übernommen; die Durchführung der Projekte und Kurse liegt jedoch in der Verantwortung der Schulen resp. Schulgemeinden. Hier kann der Kanton u.U. finanzielle Unterstützung gewähren.
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	<p>Kanton (ANU): In einer ersten Phase wird in Zusammenarbeit mit den örtlichen Schulen und mit externer Hilfe (Pädagogische Hochschule Chur, Praktikantin, u.ä.) das Unterrichtsmaterial erstellt.</p> <p>Gemeinden: Die Gemeinden müssen in einer zweiten Phase in Zusammenarbeit mit dem Kanton (PH, ANU) dafür sorgen, dass die Umsetzung in Form beispielsweise von Projektwochen (Phase 2) stattfindet.</p>
Umsetzung	<p><u>Phase 1.</u> Ausarbeitung und Anpassung der didaktischen Unterlagen in Zusammenarbeit mit den lokalen Schulen;</p> <p><u>Phase 2.</u> Umsetzung in Form von Projektwochen; das ANU unterstützt die Schulprojekte in der Vorbereitung und mit seiner Teilnahme.</p>
Fristen / Aktionspläne	Die Phase 1 muss im Rahmen von Aktionsplan 1 stattfinden und die Projektwochen (Phase 2) sollen jedes Jahr im Rahmen von Aktionsplan 2 durchgeführt werden.
Rechtsgrundlagen	USG Art. 6
Erläuternde Dok.	Didaktisches Material zum Thema auf der Webseite air4live (http://www.air4life.com/).
ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Anzahl durchgeführte Schulprojekte, Anzahl beteiligte Schüler.

RICHTIG FEUERN	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	I2
Beschreibung	Die Bevölkerung soll mit verschiedenen Mitteln über die Wichtigkeit des korrekten Anfeuerns (in Abbrandrichtung), der Holzfeuchtigkeit, der Stückigkeit und des korrekten Lagerns des naturbelassenen Holzbrennstoffes informiert werden.
Typ	Kantonale und kommunale Massnahme.
Ziel	Die Emissionen von Stückholzfeuerungen insbesondere während der Anfeuer- und Ausbrandphase sollen reduziert werden ¹ . Gleichzeitig soll der Verbrennungsprozess durch die Verwendung von trockenem ² Holzbrennstoff und mittels der dem Feuerraum angepassten Stückigkeit verbessert werden.
Kontext	Bei handbeschickten Anlagen wird auch in Zukunft das Problem des korrekten Betriebs bestehen. Neben dem Anfeuern und dem Ausbrand, welche in den für die Atmosphäre kritischsten Perioden (morgens und abends) fallen, ist auch die Anpassung des Brennstoffes an den Brennraum wichtig. Holzfeuerungen ohne Wärmespeicher sind als Hauptheizungen ungeeignet. Mit der Massnahme will man ein breiteres Verständnis über die Rolle des "richtig Feuerns" und über die richtig konzipierte Holzfeuerung schaffen.
Wirkungen	Durch einen bewussten Umgang mit Holzanlagen und Holzbrennstoffen kann die PM10-Belastung auch kurzfristig mit den bestehenden Holzfeuerungen reduziert werden. Die Reduktion der Emissionen kann ohne Investitionen von privater Seite erreicht werden.
Beziehungen zu anderen Massnahmen	Es bestehen ausgeprägte Synergien zur Massnahme I3 (Informationsmaterial, gemeinsame Webseite, ...). Die Massnahme kann auch die Einsicht für den Übergang zu effizienteren automatischen Holzfeuerungen (s. Massnahmen G3 und F2) fördern.
Kosten	Dank der Verwendung von modernen Informationssystemen (Homepage, wo man Informationsmaterialien finden kann) und der Beteiligung von Privaten (z.B. Hersteller von Holzfeuerungen oder von Verbänden wie Holzenergie-Schweiz) können die Kosten reduziert oder aufgeteilt werden. Die Kosten für die Bereitstellung der Homepage werden mit CHF 8'000 und diejenigen für die Bereitstellung von Informationsmaterialien (Anpassung und Neudruck) auf CHF 12 000 geschätzt. Für die Bereitstellung von Standmaterial für Informationsveranstaltungen in Schulen oder Gewerbeausstellungen sollte ein Betrag von ca. CHF 25 000 verteilt auf fünf Jahre reserviert werden, wobei die Hälfte dieser Kosten durch die Gemeinden zu tragen sind.
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	Kanton/ANU (Phase 1), Gemeinde in Zusammenarbeit mit ANU in Phase 2.
Umsetzung	<u>Phase 1.</u> Vorbereitung von Informationsmaterial und Homepage; <u>Phase 2.</u> Organisation und Durchführung einer jährlichen Veranstaltung in Zusammenarbeit mit privaten Partnern und den Gemeinden.
Fristen / Aktionspläne	Die Vorbereitungsarbeiten (Phase 1) müssen im ersten Jahr nach Inkraftsetzen des Massnahmenplans in Angriff genommen werden. Die jährlichen Ereignisse (Phase 2) werden ab dem zweiten Jahr bis Ende des Aktionsplans 2 umgesetzt.
Rechtsgrundlagen	USG Art. 6
Erläuternde Dok.	siehe z.B. www.holzenergie.ch/shop/anlagen-betrieb.html und www.fairfeuern.ch
ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Anz. Aktionen bzw. Ereignisse, Anz. erreichte Personen, Anz. Besucher auf Homepage.

¹ In der Regel nur einmal pro Heiztag anfeuern und die Wärme für den ganzen Tagesbedarf speichern.

² Die Holzfeuchte sollte den Wert von 45 % (Wassergehalt ≈ 31 %) bei Schnitzel und den Wert von 20 % (Wassergehalt ≈ 17 %) bei Stückholz nicht überschreiten.

SCHALTER FÜR ENERGIE- UND LUFTHYGIENE-BERATUNG	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	I3
Beschreibung	<p>Damit man bei der Sanierung von Gebäudehüllen und von technischen Anlagen sinnvolle Lösungen treffen kann, braucht es eine neutrale, kompetente und umfassende Beratung, welche sowohl die technischen als auch die finanziellen und ökologischen Aspekte behandelt. Dabei sollen auch die spezifischen Bedürfnisse der Benutzer berücksichtigt werden, wie z.B. das Wohlbefinden.</p> <p>Ein regionaler Schalter sollte diese Lücken füllen und damit als positiv treibende Kraft für die Umsetzung des Massnahmenplans wirken.</p>
Typ	Kommunale Massnahme (mit kantonaler Unterstützung).
Ziel	Ziel der Beratung ist die effiziente und für die Bürger kostengünstige Unterstützung bzw. Orientierung bei der Umsetzung der Massnahmen. Es ist wichtig, einerseits den Betroffenen die Vielfalt der Sanierungsmöglichkeiten aufzuzeigen und andererseits Sicherheit bei der Wahl einer bestimmten Lösung zu geben. Die Beratung kann jedoch nicht die detaillierte Arbeit eines Heizungsplaners ersetzen.
Kontext	<p>Es zeigt sich allgemein ein bedeutender Mangel an korrekter und umfassender Information über energie- und lufthygienische Probleme, insbesondere wenn man konkrete Massnahmen ergreifen möchte. Oft ist man von den subjektiven Angeboten von Dritten verwirrt ohne eine gesamte und umfassende Beurteilung des Ausgangszustands zu bekommen.</p> <p>Zur Beratung gehören auch aktuelle Informationen über die Realisierungsmöglichkeiten und Potenziale von kleineren Wärmeverbunden.</p>
Wirkungen	Es wird eine gewisse Akzeptanz für den Massnahmenplan geschaffen. Die Dauer für Konkretisierung und Umsetzung der Massnahmen sollte dadurch verkürzt werden können. Die Wahl der effektivsten Massnahmen wird sich zudem positiv auf die Reduktion der PM10-Emissionen auswirken.
Beziehungen zu anderen Massnahmen	Die Massnahme ist wichtig insbesondere in Bezug auf die Fördermassnahmen F1 und F2. Die Betroffenen werden über die Möglichkeit der Förderung orientiert. Weiter bestehen Synergien zur Massnahme I2.
Kosten	Für den Aufbau des Schalters werden ca. CHF 32'000 benötigt. Sie fallen in den ersten beiden Jahren an. Für den Betrieb wird ab 2017 bis 2023 von jährlichen Kosten von ca. CHF 24'000 ausgegangen. Der Kanton subventioniert dabei jede durchgeführte Beratung in der Größenordnung von einem Drittel der gesamten Beratungskosten. Der Restbetrag muss durch die Gemeinden aufgebracht werden.
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	Region Unterer Misox mit Unterstützung des Kantons (ANU)
Umsetzung	<u>Phase 1.</u> Vorbereitung der Ausschreibungsunterlagen für den Auftrag an einen privaten Dienstleister zum Einrichten und Betrieb des Schalters (zuständig Kanton); <u>Phase 2.</u> Wettbewerb und Auftragsvergabe an einen Privaten (zuständig Region); <u>Phase 3.</u> Aktivierung des Schalters und Beginn der Beratungstätigkeit.
Fristen / Aktionspläne	Die Vorbereitung der Ausschreibungsunterlagen, die Evaluation und die Auftragsvergabe an einen privaten Dienstleister (Phase 1 und 2) sind im Rahmen vom Aktionsplan 1 umzusetzen. Der Schalter bleibt aktiv während 7 Jahren. Danach muss seine Notwendigkeit mit dem Kanton (ANU) überprüft werden.
Rechtsgrundlagen	USG Art. 6
Erläuternde Dok.	-
ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Anzahl durchgeföhrter Beratungen.

INFORMATIONS- UND INTERVENTIONSKONZEPT	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	I4
Beschreibung	Im Falle von Smog-Perioden mit Überschreitungen des Anderthalbfachen des Tagesmittel-Grenzwertes (d.h. ab der Informationsstufe von 75 µg/m³) kombiniert mit ungünstigen Wetter-Prognosen kommuniziert das ANU die Situation den Gemeinden mit einem Bulletin. Die Intervention entwickelt sich mit der Zeit im Rahmen der Aktionspläne des Massnahmenplans.
Typ	Kantonale Massnahme.
Ziel	Ziel dieser Massnahme ist die Reduktion der PM10-Emissionen während der kälteren Perioden mit ungünstigen meteorologischen Bedingungen (Kaltluftseen bei Inversionslagen).
Kontext	Im Unterem Misox ist die Feinstaub-Belastung so hoch, dass gesundheitliche Auswirkungen wahrscheinlich sind (der PM10-Jahresmittelgrenzwert wird deutlich und der Tagesmittelgrenzwert oftmals überschritten). Die Massnahme konkretisiert und ergänzt das "Informations- und Interventionskonzept bei ausserordentlich hoher Luftbelastung" der Bau- Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz (BPUK).
Wirkungen	Durch die Beschränkung der Benutzung der dreckigen und ineffizienten Holzfeuerungen wird insbesondere die Spitzenbelastung reduziert. Da zu hohe Spitzenbelastungen einen Einfluss auf die Langzeit-Belastung haben, hat diese Massnahme auch eine positive Wirkung auf die chronische Belastung. Die Massnahme schafft zudem einen weiteren Anreiz für die frühzeitige Sanierung von kritischen Holzfeuerungen (Massnahme G3).
Beziehungen zu anderen Massnahmen	Sie verschärft die Massnahme G4 und gleichzeitig unterstützt sie die Massnahme G3.
Kosten	Der administrative Aufwand zur Umsetzung der Massnahme kann im Rahmen der ordentlichen Vollzugsaufgaben mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen erfolgen (d.h. keine zusätzlichen internen Kosten).
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	Kanton-ANU
Umsetzung	<p><u>Phase 1.</u> Die Gemeinden informieren ihre Bevölkerung über den Zustand der Feinstaub-Belastung und sie kommunizieren, dass die Verbrennung von Holz so weit als möglich eingeschränkt werden muss. Sie erinnern insbesondere die Bevölkerung daran, dass die Verbrennung in offenen Cheminées (gemäss Massnahme G4) verboten ist.</p> <p><u>Phase 2.</u> Die Gemeinden informieren ihre Bevölkerung über den Zustand der Feinstaub-Belastung und sie kommunizieren, dass die Verbrennung von Holz so weit als möglich eingeschränkt werden muss und dass in Zukunft (Phase 3) während akuter Smog-Perioden alle sanierungspflichtigen Holzfeuerungen (s. Massnahme G3) nicht betrieben werden dürfen.</p> <p><u>Phase 3.</u> Die Gemeinden informieren ihre Bevölkerung über den Zustand der Feinstaub-Belastung und sie kommunizieren, dass alle sanierungspflichtigen Holzfeuerungen (s. Massnahme G3) nicht betrieben werden dürfen.</p>
Fristen / Aktionspläne	Die verschiedene Phasen 1, 2 und 3 werden im Rahmen der entsprechenden Aktionspläne 1, 2 und 3 umgesetzt.
Rechtsgrundlagen	USG Art. 12
Erläuternde Dok.	"Informations- und Interventionskonzept bei ausserordentlich hoher Luftbelastung" der Bau- Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz (BPUK).
ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Anzahl und Dauer der Smog-Perioden; Anzahl publizierte Bulletins.

ERHEBUNG DES ANLAGEBESTANDS UND DES NUTZUNGSVERHALTENS	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	B1
Beschreibung	Die bestehenden Heizanlagen sollen bezüglich Installation und Einsatz im Detail erhoben werden. Diese Daten sollen den Gemeinden als Grundlage dienen, um die Machbarkeit von lokalen Wärmenetzen zu prüfen.
Typ	Kantonale Massnahme.
Ziel	Analog zum Pilotprojekt von Grono sollen in den restlichen Gemeinden des Unteren Misox detaillierte Daten über die Holzfeuerungsanlagen erhoben werden. Damit soll eine gute Basis geschaffen werden, um mögliche Standorte für Wärmenetzverbunde zu lokalisieren und zu prüfen. Dadurch könnten kleine und ineffiziente Anlagen durch grössere Anlagen ($FWL > 70 \text{ kW}$) mit hocheffizienten Abgasreinigungssystemen ersetzt werden. Die Ausarbeitung entsprechender Machbarkeitsstudien oder Detailprojekten obliegt den Gemeinden und ist nicht Bestandteil des vorliegenden Massnahmenplans.
Kontext	Im Rahmen des Pilotprojekts in Grono hat sich das Potential für kleine lokale Wärmenetze erwiesen. Genaue Angaben über die vorhandenen Heizsysteme und über die Benutzung von Holzfeuerungen in Kombination mit anderen Anlagen (Oel-Feuerungen, Wärmepumpen und elektrische Heizungen) sind wichtig, um die technische und wirtschaftliche Machbarkeit von Wärmenetzen zu überprüfen.
Wirkungen	Die Datenerhebung hat keine direkte Wirkung auf die PM10-Belastung. Durch die Zentralisierung der Wärmeproduktion könnten jedoch die lokalen PM10-Emissionen und damit auch die lokalen PM10-Belastungen stark reduziert werden.
Beziehungen zu anderen Massnahmen	Die genaue Kenntnis des Anlagebestandes erlaubt einen effizienten und gezielten Vollzug des Massnahmenplans und kann mit dem Vollzug von Massnahme G3 koordiniert werden.
Kosten	Die Kosten für die Bestandsaufnahme und die Identifizierung von Gebieten für lokale Wärmenetze liegen bei CHF 200'000 für das gesamte Untere Misox. Sie werden zu 100% vom Kanton getragen.
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	Kanton (ANU und AEV) mit Unterstützung der Gemeinden.
Umsetzung	<u>Phase 1.</u> Die Bestandsaufnahme und die Identifizierung von Gebieten für lokale Wärmenetze werden vom Kanton für jede Gemeinde geliefert. <u>Phase 2.</u> Die Gemeinden lassen Studien für die technische und wirtschaftliche Machbarkeit von Wärmenetzen in den identifizierten Gebieten erstellen.
Fristen / Aktionspläne	Die Phase 1 muss im Rahmen vom Aktionsplan 1 stattfinden. Die Machbarkeitsstudien (Phase 2) sollen im Rahmen vom Aktionsplan 2 durchgeführt werden.
Rechtsgrundlagen	USG Art. 6 und LRV Art. 12
Erläuternde Dok.	“Abschlussbericht Umfrage Grono”, Amt für Natur und Umwelt Graubünden (Jan. 2014) Richtlinie für die Identifizierung von günstigen Gebieten für lokale Wärmenetze (Anhang 7).
ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Anzahl Gebäude und Holzfeuerungen in der Bestandsaufnahmen, Anzahl Gebiete mit Potenzial für Wärmenetzverbunde, Anzahl Machbarkeitsstudien für lokale Wärmenetze.

IMMISSIONSÜBERWACHUNG UND ERFOLGSKONTROLLE	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	B2
Beschreibung	Das ANU wird beauftragt, eine zweckmässige und fortlaufende Kontrolle betreffend Koordination und Vollzug des Massnahmenplanes Lufthygiene im Unteren Misox sicherzustellen. Insbesondere sollen die Wirkung der Massnahmen auf die Feinstaubbelastung intensiv überwacht und dokumentiert werden.
Typ	Kantonale Massnahme.
Ziel	Die einzurichtende Überwachung soll einen effizienten Vollzug der verschiedenen Massnahmen gewährleisten. Mit einer intensiven Überwachung der Feinstaubbelastung mit zusätzlichen Messungen an verschiedenen Orten (nicht nur San Vittore) und der Messung von verschiedenen Komponenten der Feinstäube (PM10, Russ, EC, OC, ...) sollen die Wirkung der einzelnen Massnahmen überwacht werden.
Kontext	Die Messungen der PM10-Immissionen im Unteren Misox wurden bis jetzt an zwei Standorten durchgeführt: zuerst in Roveredo und dann in San Vittore. Da die Massnahmen im ganzen Unteren Misox Verbesserungen bringen sollten, ist es wichtig, die Entwicklung der Belastung auf ein grösseres Gebiet auszudehnen. Nach der Eröffnung der Umfahrung Roveredo könnte der Einfluss des Verkehrs auf die Luftbelastung ändern. Die Rahmenbedingungen zu den einzelnen Massnahmen könnten sich dann ebenfalls verändern. In solchen Fällen kann die Kontrollstelle eine rasche Anpassung der betroffenen Massnahmen vorschlagen.
Wirkungen	Die Überwachung des Vollzugs hat keine direkte Wirkung auf die PM10-Belastung. Die Regierung wird im Rahmen dieser Massnahme jedoch über den Stand der Umsetzung des Massnahmenplans im Unteren Misox regelmässig informiert. Allfällige Korrekturen oder neue Anträge werden dadurch jährlich behandelt und beschlossen. Die Massnahme kann deshalb indirekt wichtige Impulse zur zielgerichteten Reduktion der Feinstaubbelastung geben.
Beziehungen zu anderen Massnahmen	Als übergeordnete Massnahme steht sie in Beziehung zu allen Massnahmen.
Kosten	Die Kosten für die Erweiterung, den Betrieb und den Unterhalt der Immissionsmessungen können mit den bestehenden Mitteln des Immissionsmessnetzes finanziert werden. Für die Datenauswertung und Berichterstattung wird dagegen externe Hilfe benötigt. Dafür wird ein jährlicher Betrag von CHF 10 000 eingesetzt.
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	Kanton: ANU
Umsetzung	<p><u>Phase 1.</u> Das ANU erweitert das Immissionsmessnetz, um die räumliche Verteilung der PM10-Belastung besser erfassen zu können und um die Entwicklung des Beitrages der Holzfeuerungen an den Feinstaubfrachten zu überwachen;</p> <p><u>Phase 2.</u> Die ausführende Kontrollstelle berichtet periodisch über den Stand des Vollzugs und fasst die Ergebnisse periodisch in einem Bericht zusammen. Wenn nötig formuliert sie Vorschläge für die Anpassung der Massnahmen.</p>
Fristen / Aktionspläne	Die Phase 1 ist Bestandteil sämtlicher Aktionspläne. Die Phase 2 startet mit Aktionsplan 2.
Rechtsgrundlagen	RB Nr. 1493 vom 10. Juni 1992 und Massnahme A12 des kantonalen Massnahmenplans.
Erläuternde Dok.	S. z.B. "Stand der Luftreinhalte-Massnahmen im Kanton Graubünden 2006 (mit Aktualisierung des Massnahmenplans)"
ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Verlauf der PM10-Belastungen an den Messstandorten.

VERBOT DES VERBRENNENS VON GRÜNABFÄLLEN IM FREIEN	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	G1
Beschreibung	Aufgrund der zu hohen Luftbelastung wird im Unteren Misox ein allgemeines Verbot des Verbrennens von natürlichen Abfällen aus Wald, Feld und Garten (Grünabfälle) im Freien eingeführt. Als Ausnahme gelten nur Fälle mit phytosanitarem Hintergrund. Diese benötigen aber eine Bewilligung des Kantons.
Typ	Kommunale Massnahme.
Ziel	Durch eine strengere Regelung des Verbotes der Grünabfallverbrennung im Freien will man die Anzahl Ausnahmefälle reduzieren. Insbesondere ist der unverhältnismässige Aufwand für eine ökologische Beseitigung des grünen Materials <u>kein</u> genügendes Argument für eine Befreiung vom Verbrennungsverbot.
Kontext	Das Verbrennen von Abfällen aus Wald, Feld und Garten im Freien wird im Merkblatt "Umgang mit Grünabfällen" des Amtes für Natur und Umwelt (ANU) vom April 2012 geregelt. Die lokalen Behörden stellen aber fest, dass trotzdem Grünabfälle verbrannt werden. Aus Gründen der Gleichbehandlung mit der Beschränkung der Benutzung der offenen Feuerstellen (s. Massnahme G4) muss das Verbot der Grünabfallverbrennung im Freien strikter gehandhabt werden. Die Gemeinde Roveredo reagierte bereits auf diese Situation, indem sie ein allgemeines Verbot zur Verbrennung von Grünabfällen im Freien im lokalen Polizeireglement ("Regolamento polizia locale") verankerte.
Wirkungen	In der Regel ist der Feuchtigkeitsgehalt der Grünabfälle so hoch, dass eine raucharme Verbrennung unmöglich ist und hohe PM10-Emissionen verursacht werden. Auch die Ausbreitung der resultierenden Stäube ist nicht optimal. Mit dieser Massnahme soll die lokale PM10-Vorbelastung reduziert werden.
Beziehungen zu anderen Massnahmen	Die Massnahme ist besonders wichtig in der kalten Jahreszeit, wenn die Benutzung von Holzfeuerungen beschränkt wird (s. Massnahme G4).
Kosten	Der administrative Aufwand zur Umsetzung der Massnahme kann im Rahmen der ordentlichen Vollzugsaufgaben mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen erfolgen (d.h. es treten keine zusätzlichen internen und externen Kosten auf).
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	Gemeinden.
Umsetzung	Die Gemeinden ergänzen ihre kommunalen Vorschriften mit einem allgemeinen Verbot der Verbrennung von Grünabfällen im Freien.
Fristen / Aktionspläne	Die Massnahme wird im Aktionsplan 1 eingeführt.
Rechtsgrundlagen	LRV Art. 26b, Kantonales Umweltschutzgesetz Art. 18
Erläuternde Dok.	Merkblatt "Umgang mit Grünabfällen", ANU (April 2012). "Regolamento polizia locale", Gemeinde Roveredo.
ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Anzahl der angepassten kommunalen Vorschriften, Anzahl der vom Kanton bewilligten Verbrennungen aus phytosanitarischen Gründen.

FILTERPFLICHT FÜR GASTGEWERBLICH GENUTZTE HOLZFEUERUNGEN (Z.B. PIZZAÖFEN)	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	G2
Beschreibung	Gastgewerblich genutzte Holzfeuerungen (z.B. Pizzaöfen) – welche in der kalten Periode (von November bis Februar) betrieben werden – sind mit Rauchgasreinigungsanlagen (z.B. Nassfilter) auszurüsten, bzw. bis zum 1. Januar 2018 nachzurüsten.
Typ	Kantonale Massnahme.
Ziel	Mit der Ausrüstung der Pizzaöfen mit Rauchgasreinigungsanlagen sollen die relativ hohen Feststoff- und Feinstaubfrachten von Einzelquellen reduziert werden.
Kontext	Die Datenerhebung in Grono hat gezeigt, dass eine einzige Pizzeria mehr als 10% des Holzes verbraucht. Ein einzelner Pizzaofen ohne Filter produziert somit mehr Feinstaub als alle Cheminées in Grono zusammen. Im Unterer Misox gibt es mehrere Restaurants mit Pizzaöfen, die mit Holz befeuert werden.
Wirkungen	Die Erfahrungen im Kanton Tessin und auch in Graubünden haben gezeigt, dass elektrostatische Filter für Pizzaöfen ungeeignet sind um die Feststoffe abzuscheiden. Für Elektro-Nassfilter wurde dagegen ein Abscheidegrad bis 80% festgestellt. Durch eine systematische Anwendung dieser Massnahme lassen sich die Emissionen um ca. 200 kg/a reduzieren.
Beziehungen zu anderen Massnahmen	Aufgrund der hohen Emissionen eines Pizzaofens ist diese Massnahme wichtig im Hinblick auf die strengeren Grenzwerte von nicht gastgewerblich benutzten Holzfeuerungen (s. Massnahme G3). Die Massnahme ist auch in den Wintermonaten wichtig, wenn die Benutzung von offenen Holzfeuerungen beschränkt wird (s. Massnahme G4).
Kosten	Die Investitionskosten für einen effizienten Nassfilter liegen bei ca. CHF 15'000.
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	Kanton: ANU.
Umsetzung	Der Kanton erlässt eine Vorschrift für das "Massnahmenplangebiet Unterer Misox" über die Anforderungen für Einbau, Betrieb und Unterhalt von Rauchgasbehandlungsanlagen bei gewerblich genutzten Holzfeuerungen (wie beispielsweise Pizzaöfen). Die Sanierungsfristen werden verkürzt, so dass die Pizzaöfen, welche auch im Winter in Betrieb sind, bis spätestens 1. Januar 2018 saniert werden müssen. Das ANU erlässt die entsprechenden Verfugungen.
Fristen / Aktionspläne	Im Rahmen von Aktionsplan 1 wird eine Vorschrift mit den Anforderungen an Rauchgasbehandlungsanlagen für gastgewerbliche genutzte Holzfeuerungen erarbeitet und in Kraft gesetzt. Die Sanierungen müssen zu Beginn von Aktionsplan 2 erfolgt sein.
Rechtsgrundlagen	LRV
Erläuternde Dok.	-
ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Anzahl der sanierten gastgewerblich genutzten Holzfeuerungen (Pizzaöfen).

CO-EMISSIONSGRENZWERTE FÜR BESTEHENDE HOLZFEUERUNGEN MIT FEUERWÄRMELEISTUNG³ BIS 70 KW	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	G3
Beschreibung	Für alle bestehenden Holzfeuerungen mit Feuerwärmeleistung bis 70 kW werden verschärfte CO-Emissionsgrenzwerte eingeführt: ⁴ <ul style="list-style-type: none"> • 4000 mg/m³ CO für Zentralheizungsherde; • 2500 mg/m³ CO für handbeschickte Heizkessel; für Raumheizer wie z.B. Einzelöfen, Speicheröfen, Cheminéeöfen und Cheminées; • 1000 mg/m³ CO für Heizkessel mit automatischer Beschickung.
Typ	Kantonale Massnahme.
Ziel	Die Vollständigkeit einer Verbrennung lässt sich in der Praxis mittels einer CO-Messung als Leitgrösse beurteilen; tatsächlich ab ca. 800-1000 mg/m ³ CO ist ein korrelierter Anstieg an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) nachweisbar. Mit dieser Massnahme lassen sich somit die Emissionen unmittelbar an der Quelle (=Holzfeuerungen) senken.
Kontext	Die PM10-Emissionen im Unteren Misox werden durch eine grosse Anzahl von kleinen Anlagen bestimmt. Durch die Verschärfung der CO-Emissionsgrenzwerte wird ein Grossteil der bestehenden Wohnraumfeuerungen sanierungspflichtig.
Wirkungen	Durch die Sanierung bzw. den Ersatz von überalterten Wohnraumfeuerungen mit modernen und sauberen Anlagen, welche dem Stand der besten Technik entsprechen (Holzpelletsfeuerungen oder elektrisch geregelte Stückholzfeuerungen mit Feinstaubabscheidesystemen, Wärmepumpen und ev. Gasfeuerungen), reduzieren sich die Feinstaubfrachten und damit auch die lokalen PM10-Belastungen. Die Massnahme hat das grösste Emissionsreduktionspotential.
Beziehungen zu anderen Massnahmen	Der Vollzug dieser Massnahme wird dank der Fördermassnahmen F2 erleichtert. Allfällige Fragen der Anlagebesitzer im Zusammenhang mit den Sanierungsverfügungen können im Rahmen von Massnahme I3 beantwortet werden.
Kosten	Der administrative Aufwand für den Vollzug der Massnahme kann im Rahmen der vorhandenen Ressource erfolgen (d.h. es treten keine zusätzlichen internen Kosten auf). Die Sanierungskosten für die Privatpersonen können dank der Förderung gemildert werden (s. Massnahmen F1 und F2).
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	Kanton ANU.
Umsetzung	Der Kanton erlässt verschärfte Emissionsvorschriften für Feuerungen mit festen Brennstoffen im "Massnahmenplangebiet Unteres Misox". Holzzentralheizungen mit einer Feuerungswärmeleistung über 20 kW sind in der Regel periodisch alle 2 Jahre zu messen. Raumheizer werden in der Regel nicht periodisch gemessen. Bei Anlagen welche keine LRV-Konformität (Art. 20h LRV) nachweisen können, ist davon auszugehen, dass der für das Massnahmengebiet Unteres Misox verschärfte Emissionsgrenzwert überschritten wird. Sie werden sanierungspflichtig. Dem Anlagebesitzer ist es freigestellt gegen die entsprechende Sanierungsverfügung Einsprache zu erheben. Er muss jedoch auf seine Kosten eine amtliche Abgasmessung zur Bestimmung der Emissionskonzentrationen durchführen zu lassen. Bestehende Anlagen, welche die verschärften Emissionsgrenzwerte dieser Massnahme nicht einhalten, sind innert vorgegebener Frist zu sanieren. Das ANU kann bei gleichzeitiger

³ Feuerwärmeleistung (FWL) = Brennstoffmenge x unterer Heizwert. Falls auf dem Typenschild nur die Nennwärmeleistung angegeben ist, gilt bei Heizkesseln für das Maximum der FWL = Nennwärmeleistung x 1.15

⁴ Die aufgeführten Grenzwerte beziehen sich auf einen Sauerstoffgehalt im Abgas von 13 %Vol.; Details zu den Emissionsmessungen wie beispielsweise Beginn und Dauer der Messungen werden im Rahmen einer kantonalen Vollzugshilfe festgelegt.

	<p>energetischer Gebäudesanierung (s. Massnahme F1) im Einzelfall längere Sanierungsfristen gewähren.</p> <p>Das Vorgehen bei der Festlegung der Sanierungsfristen, die Sanierungsfristen selbst sowie weitere Details zum Ablauf der Sanierungen (von der Sanierungsverfügung bis zur erfolgten Sanierung) werden im Rahmen einer kantonalen Vollzugshilfe festgelegt werden.</p>
Fristen / Aktionspläne	Die verschärften Emissionsgrenzwerte und die zugehörenden Vollzugshilfen werden im Rahmen von Aktionsplan 1 erlassen. Am Ende von Aktionsplan 2 werden die Sanierungen verfügt. Damit wird berücksichtigt, dass einerseits der Kontrolleur mindestens zwei Jahre braucht, um die Anlagen zu beurteilen, und andererseits der Beratungssachalter für die Anlagebesitzer frühestens 2017 operativ ist. Die Sanierungen werden dann im Rahmen von Aktionsplan 2 umgesetzt. Die Sanierungsfrist endet voraussichtlich mit Ablauf von Aktionsplan 2 per 31.12.2022. Damit soll sichergestellt werden, dass alle Anlagenbetreiber/Eigentümer nach der Inkraftsetzung des Massnahmenplans gleich viel Zeit – nämlich fünf Jahre – für die Sanierung haben. Allfällige Gesuche um Fristverlängerung werden im Rahmen von Aktionsplan 2 bearbeitet; die Sanierung der entsprechenden Anlagen erfolgt im Rahmen von Aktionsplan 3.
Rechtsgrundlagen	LRV
Erläuternde Dok.	-
ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Anzahl saniertter Holzfeuerungen.

WINTERLICHE BETRIEBSEINSCHRÄNKUNG FÜR OFFENE FEUERSTELLEN	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	G4
Beschreibung	Im Unterem Misox dürfen offene Feuerstellen (Cheminées) in den kälteren Monaten (von November bis Februar) nicht mehr betrieben werden, sofern es sich um eine Zweitfeuerung handelt oder eine Alternative zur Raumwärmeerzeugung besteht. Bei Feuerstellen in beheizten Gebäuden sind zudem geeignete Massnahmen gegen thermische Auskühlung über die Kaminanlagen vorzunehmen.
Typ	Kantonale Massnahme.
Ziel	Ziel dieser Massnahme ist die Reduktion der PM10-Emissionen während der kälteren Perioden mit ungünstigen meteorologischen Bedingungen (Kaltluftsee bei Inversionslage).
Kontext	Im Unterem Misox ist die Feinstaub-Belastung zu hoch bezüglich der chronischen Wirkung des Feinstaubs (Jahresmittelgrenzwert deutlich überschritten) als auch bezüglich der akuten Wirkung des Feinstaubs (Tagesmittelgrenzwert oft und stark überschritten).
Wirkungen	Durch die Beschränkung der Benutzung der ineffizienten Holzfeuerungen mit schlechter Verbrennung wegen zu niedriger Feuerraumtemperaturen und zu hohem Luftüberschuss, was zu hohem Feinstaubausstoss führt, wird insbesondere die Spitzenbelastung reduziert. Da zu hohe Spitzenbelastungen sowohl einen Einfluss auf die akuten Beschwerden durch Feinstaub als auch einen Einfluss auf die Langzeit-Belastungen haben, hat diese Massnahme auch eine positive Wirkung auf die chronischen Beschwerden.
Beziehungen zu anderen Massnahmen	Die Massnahme wird über das Interventionskonzept (s. Massnahme I3) unterstützt und erweitert.
Kosten	Der Vollzugsaufwand wird zum grössten Teil durch die nötigen Kontrollen bestimmt. Der Vollzug kann durch eine Kooperation der Gemeinden mit den lokalen Polizeiorganen koordiniert und durchgeführt werden.
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	Kanton (ANU) und Gemeinde für die Kontrollen.
Umsetzung	Der Kanton (ANU) erlässt eine Vollzugshilfe zur Umsetzung dieser Massnahme. Er sorgt dafür, dass im Rahmen der Aktivitäten des Kaminfegers die betroffenen Anlageeigentümer frühzeitig informiert werden. Der Kaminfeger wird von der Gemeinde beauftragt im Zusammenhang mit den Kaminfegerarbeiten zu kontrollieren, ob für offene Feuerstellen in beheizten Gebäuden während der kalten Jahreszeit geeignete Massnahmen gegen thermische Auskühlung über die Kaminanlagen getroffen wurden. Die Gemeinden sorgen dafür, dass die Kontrollen durchgeführt werden.
Fristen / Aktionspläne	Die Massnahme wird ab Aktionsplan 1 eingeführt.
Rechtsgrundlagen	LRV
Erläuternde Dok.	-
ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Anzahl der in der kalten Jahreszeit temporär stillgelegten Holzfeuerungen, Anzahl der Mahnungen und Verzeigungen.

UMSETZUNG STAND DER TECHNIK BEI NEUEN HOLZFEUERUNGEN	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	G5
Beschreibung	<p>Bei neuen Holzfeuerungen müssen die Gemeinden überprüfen, dass nebst den Konformitätsbedingungen gemäss Art. 20h Abs. 1 LRV auch die Anforderungen nach Art. 20h Abs. 2 LRV erfüllt sind.</p> <p>Die Gemeinden erlassen in ihren Baugesetzen Vorschriften über Holzfeuerungen bei Neu- und Umbauten (z.B. elektrisch geregelte Stückholzfeuerungen, Pelletsfeuerungsanlagen).</p>
Typ	Kommunale Massnahme.
Ziel	Es dürfen nur neue Holzfeuerungen in Betrieb genommen werden, die dem Stand der Technik entsprechen. Das ANU bestimmt den Stand der Technik.
Kontext	Mit der langfristig angelegten Energie-Strategie 2050 des Bundes sollen künftig vermehrt biogene Brennstoffe eingesetzt werden. Daher muss verhindert werden, dass eine Reduktion der PM10-Emissionen bei den bestehenden Gebäuden teilweise mit einer Zunahme der PM10-Emissionen bei neuen und umgebauten Gebäuden kompensiert wird.
Wirkungen	Mit dieser Massnahme will man insbesondere die Zunahme der PM10-Emissionen von neuen Holzfeuerungen (in neuen oder umgebauten Gebäuden) einhalten.
Beziehungen zu anderen Massnahmen	Die Massnahme ergänzt und vervollständigt die Massnahmen G3 und F2.
Kosten	Die Umsetzung der Massnahme kann im Rahmen des ordentlichen Vollzugs der kommunalen Baugesetzgebung erfolgen (d.h. keine zusätzlichen internen Kosten).
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	Gemeinde mit der technischen Unterstützung vom Kanton (ANU).
Umsetzung	<p><u>Phase 1.</u> Die Gemeinden prüfen bauliche Vorschriften für Holzfeuerungen bei Neu- und Umbauten und erlassen entsprechenden Vorschriften in ihren Baugesetzen. Der Kanton (ANU) garantiert den technischen Support.</p> <p><u>Phase 2.</u> Die Gemeinden kontrollieren, dass bei Neu- und Umbauten nur Holzfeuerungen in Betrieb gehen, die dem Stand der Technik entsprechen. In Zweifelsfällen garantiert das ANU den Support.</p>
Fristen / Aktionspläne	Die Phase 1 muss im Rahmen von Aktionsplan 1 beendet werden. Phase 2 wird aktiv ab Aktionsplan 2.
Rechtsgrundlagen	Art. 20h Abs. 1 und Abs. 2 LRV.
Erläuternde Dok.	Noch zu erarbeitende kantonale Vollzugshilfe über den Einbau, Betrieb, und Unterhalt von Filteranlagen
ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Anzahl Neuanlagen mit Feinstaubfiltern, Anzahl Neuanlagen mit elektrischer Regelung

ZUSATZFÖRDERUNG BEI ENERGETISCHER SANIERUNG VON GEBÄUDEN	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	F1
Beschreibung	Die energetische Sanierung von Gebäuden wird gefördert, wenn die Gebäude über eine Holzfeuerung als Haupt- oder Zusatzheizung verfügen und mindestens ein Hauptelement der Gebäudehülle saniert und gleichzeitig Teile oder die gesamte Heizanlage saniert oder ersetzt werden. Durch die Gebäudehüllensanierung müssen mindestens folgende U-Werte ⁵ erreicht werden: bei Fenstern weniger als 0.7 W/m ² K und bei Wänden, Dächern oder Böden unter 0.2 W/m ² K. Auch wenn der Kanton die energetische Sanierung im Rahmen des Gebäudeprogramms bereits fördert, kann die Sanierung oder der Ersatz der Holzfeuerung zusätzlich gefördert werden. Die Höhe der Fördermittel bemisst sich generell nach den Feinstaubfrachten, welche durch die Sanierungsmassnahmen reduziert werden.
Typ	Kantonale Massnahme.
Ziel	Mit einer Unterstützung von partiellen Sanierungen der Gebäudehüllen bestehender Gebäude kann der Nutzwärmebedarf und damit die PM10-Belastung deutlich reduziert werden. Solche Sanierungen stellen auch eine Gelegenheit für den Übergang zu einem effizienten Heizsystem dar.
Kontext	Die Gebäude-Förderprogramme unterstützen in der Regel nur Gesamtanierungen (wie z.B. das Erreichen eines gewissen Energie-Standards). Auch im Rahmen der "Förderprogramme Kanton Graubünden" ist nur ein Bonus (berechnet als 100 % der Fördersumme des nationalen Gebäudeprogramms) für Gesamtanierungen vorgesehen, d.h. wenn alle drei Hauptflächen eines Gebäudes – Fassade, Fenster, Dach/Estrichboden – nach den Vorgaben des nationalen Gebäudeprogramms gleichzeitig saniert werden.
Wirkungen	Die Massnahme reduziert direkt die PM10-Emissionen als Folge der Reduktion des Nutzwärmebedarfes und/oder als Folge des Ersatzes von ineffizienten Holzfeuerungen.
Beziehungen mit anderen Massnahmen	Die Massnahme kann durch die Beratung der Gebäudeeigentümer (s. Massnahme I3) effizient vollzogen werden. Sie ergänzt die Massnahme F2, wo Gebäudeeigentümer unterstützt werden, bei welchen die Sanierung der Holzfeuerungen eine nicht tragbare wirtschaftliche Belastung darstellt.
Kosten	Der Kanton leistet Förderbeiträge in der Höhe von rund CHF 700'000 verteilt auf sieben Jahre.
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	Kanton: ANU in Zusammenarbeit mit AEV
Umsetzung	Der Kanton erlässt ein Reglement, welches die Bedingungen für den Erhalt der Fördermittel beschreibt. Der Kanton informiert in Zusammenarbeit mit den Gemeinden (s. Massnahme I3) die Gebäudeeigentümer.
Fristen / Aktionspläne	Im Rahmen vom Aktionsplan 1 müssen die Richtlinien und Reglemente vorbereitet und erlassen werden. Die Beitragsgesuche müssen (vor Baubeginn) im Rahmen der Aktionspläne 2 und 3 eingereicht werden.
Rechtsgrundlagen	Energiegesetz des Kantons Graubünden (BEG) und Luftreinhalte-Verordnung (LRV).
Erläuternde Dok.	-
ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Anzahl der sanierten Gebäude, Fläche (in m ²) der sanierten Gebäudehüllen, Anzahl der sanierten Holzfeuerungsanlagen, reduzierte Feinstaubfrachten, ausbezahlte Beiträge.

⁵ Wärmeverlust pro Quadratmeter eines Bauteils bei einem Temperaturunterschied von 1 °C.

FINANZIELLE UNTERSTÜTZUNG VON SANIERUNGEN IN WIRTSCHAFTLICHEN HÄRTEFÄLLEN	
BEZEICHNUNG / BESCHREIBUNG	
ID/Nr	F2
Beschreibung	<p>Können Gebäudeeigentümer geltend machen, dass die Sanierung der Holzfeuerungen (Haupt- oder Zusatzheizung) für sie eine nicht tragbare wirtschaftliche Belastung darstellt, wird die Sanierung finanziell unterstützt unabhängig von der energetischen Qualität des betroffenen Gebäudes. Die Höhe der Unterstützung richtet sich nach den wirtschaftlichen Möglichkeiten des Gebäudeeigentümers sowie nach den Feinstaubfrachten, die durch die umgesetzte Massnahme reduziert werden können. Gefördert werden folgende technischen Sanierungsmassnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachrüstung sowie Reinigung, Unterhalt und Kontrolle von geschlossenen handbeschickten Holzfeuerungen und von automatischen Holzfeuerungen mit Partikelfiltern⁶; • Ersatz von manuell beschickten Holzfeuerungen durch automatische Holzheizungen mit Wärmespeicher; • Einbau eines genügend grossen Wärmespeichers; • Ersatz einer manuell beschickten Holzfeuerung durch eine Wärmepumpe.
Typ	Kantonale Massnahme.
Ziel	<p>Mit dieser Massnahme wird die wirtschaftliche Tragbarkeit der Sanierungen für Privatpersonen verbessert. Gleichzeitig werden mit Hilfe von gezielten Förderbeiträgen die Sanierungen gesteuert (bestmögliche Lösungen aus lufthygienischer Sicht).</p> <p>Die Massnahme orientiert sich in erster Linie an den Lösungen, welche Holz als eine erneuerbare Energiequelle vorziehen. Aufgrund der hohen Feinstaub-Belastung ist aber – je nach Gebäudetyp – auch die Reduktion der kleinen Einzelraumfeuerungen mit Übergang zu einer Wärmepumpe mit zentralem Heizsystem eine effektive Lösung.</p>
Kontext	Aufgrund der strengeren Emissionsgrenzwerte (s. Massnahme G3) werden viele Holzfeuerungsanlagen sanierpflichtig. Für Privatpersonen mit geringem Einkommen oder Vermögen sind u.U. die Investitionskosten zu hoch, so dass eine Sanierung der Heizanlage aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich ist. Eine finanzielle Unterstützung ist somit notwendig, um den Sanierungsprozess ohne Zeitverzug voranzutreiben.
Wirkungen	Diese Massnahme stellt eine flankierende Massnahme zur Massnahme G3 dar.
Beziehungen mit anderen Massnahmen	Die Massnahme ist am effektivsten, wenn gleichzeitig die Gebäudehülle mindestens teilweise saniert wird (s. Massnahme F1). Für eine effizientere Benutzung der Mittel ist es wichtig für jeden spezifischen Fall geeignete Lösungen zu finden. Die Beratung durch eine Fachperson (s. Massnahme I3) kann hier hilfreich sein. Die Massnahme ist eine konkrete Hilfe für die Besitzer von sanierpflichtigen Anlagen (s. Massnahme G3).
Kosten	Der Kanton leistet Förderbeiträge von rund CHF 700'000 verteilt auf 7 Jahre.
VOLLZUG	
Zuständ. Behörde	Kanton: ANU
Umsetzung	<u>Phase 1.</u> Der Kanton (ANU) erlässt ein Reglement, welches die Bedingungen für den Erhalt der Fördermittel beschreibt. <u>Phase 2.</u> Das ANU informiert im Rahmen der Sanierungsverfügungen die Eigentümer über die Möglichkeit und die Bedingungen einer finanziellen Förderung. <u>Phase 3.</u> Beurteilung der eingereichten Gesuche nach den reglementarischen Vorgaben.
Fristen / Aktionspläne	Die Phasen 1 und 2 müssen im Rahmen von Aktionsplan 1 beendet werden. Die Phase 3 ist Bestandteil der Aktionspläne 2 und 3.
Rechtsgrundlagen	Luftreinhalte-Verordnung (LRV).
Erläuternde Dok.	www.holzenergie.ch oder spezifisch das Infomationspapier "Das Cheminée sanieren. Aufwertung zur Zusatzheizung. Komfort beim Heizen mit Holz".

⁶ Partikelfilter müssen die Anforderungen nach Artikel 20 Absatz 1 Buchstabe h Ziffer 2 der LRV erfüllen und die Konzentration der Feststoffe im Abgas im Normalbetrieb um mindestens 60% vermindern. Das ANU beurteilt die Zweckmässigkeit des Filters anhand der bestehenden oder neu zu installierenden Anlagen.

ERFOLGSKONTROLLE	
Indikatoren	Anzahl sanierte bzw. ersetzte Holzfeuerungen; reduzierte Feinstaubmengen, ausbezahlte Beiträge