

# Immissionsmessung von Luftfremdstoffen

Messempfehlungen. Stand 2021



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

# Immissionsmessung von Luftfremdstoffen

Messempfehlungen. Stand 2021

# Impressum

## Rechtliche Bedeutung

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert die bundesumweltrechtlichen Vorgaben (bzgl. unbestimmten Rechtsbegriffen und Umfang/Ausübung des Ermessens) und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind.

## Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

## Autoren

Cercl'Air (Schweizerische Gesellschaft der Lufthygienefachleute) Arbeitsgruppe QS (Qualitätssicherung) Immissionen mit Vertretern aus dem BAFU, METAS, der Empa und der Kantone

## Begleitung BAFU

Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien, Sektion Luftqualität

## Zitierung

BAFU (Hrsg.) 2021: Immissionsmessung von Luftfremdstoffen. Messempfehlungen. Stand 2021. 2. aktualisierte Auflage 2021. Erstausgabe 1990. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2104: 41 S.

## Gestaltung

Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

## Titelbild

NABEL-Station Dübendorf: Rückseite der Immissionsmessgeräte sowie Probenahmeleitung und Stichleitungen zu den einzelnen Geräten.

© BAFU

## PDF-Download

[www.bafu.admin.ch/uv-2104-d](http://www.bafu.admin.ch/uv-2104-d)

Eine gedruckte Fassung liegt nicht vor.

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.  
Die Originalsprache ist Deutsch.

2. aktualisierte Auflage 2021

© BAFU 2021

# Inhaltsverzeichnis

<u>Abstracts</u>	<u>5</u>
<u>Vorwort</u>	<u>6</u>
<u>Einleitung</u>	<u>7</u>
<u>1 Referenzverfahren</u>	<u>8</u>
<u>2 Messverfahren</u>	<u>11</u>
<u>3 Messbedingungen</u>	<u>14</u>
<u>4 Auswertung der Messungen</u>	<u>16</u>
<u>5 Vergleich mit Immissionsgrenzwerten</u>	<u>21</u>
<u>6 Präsentation der Messergebnisse</u>	<u>22</u>
<u>7 Qualitätssicherung</u>	<u>23</u>
<u>8 Geltungsbereich</u>	<u>26</u>
<u>Glossar</u>	<u>27</u>
<u>Abkürzungen</u>	<u>29</u>
<u>Literatur</u>	<u>31</u>
<u>Anhang 1</u>	
<u>Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung</u>	<u>34</u>
<u>Anhang 2</u>	
<u>Referenzierung PM10, PM2.5</u>	<u>36</u>
<u>Anhang 3</u>	
<u>Publikation der Messergebnisse in den Medien</u>	<u>38</u>
<u>Anhang 4</u>	
<u>Standortklassifikation</u>	<u>39</u>

---

# Abstracts

This enforcement aid provides instructions for air pollution control boards and air pollution measurement laboratories. It describes how to measure and assess ambient concentrations of air pollutants and how to ensure that measurements are of good quality and are comparable over the long term. The recommendations for measurements are based on current international norms and guidelines and on the available technology. They contain detailed data on reference and measurement methods, on the evaluation, assessment and presentation of the results of the measurements and on quality assurance.

Diese Vollzugshilfe dient als Anleitung für Lufthygienefachstellen und Messlabors. Sie beschreibt, wie Immissionen von Luftschadstoffen zu messen und zu beurteilen sind und wie eine gute Qualität und langjährige Vergleichbarkeit von Immissionsmessungen sichergestellt werden kann. Die Messempfehlungen orientieren sich am aktuellen Stand der internationalen Normen und Richtlinien sowie der verfügbaren Technik. Sie beinhalten detaillierte Angaben zu Referenz- und Messmethoden, Auswertung, Beurteilung und Präsentation der Messergebnisse sowie zur Qualitätssicherung.

La présente aide à l'exécution est destinée aux services spécialisés de la protection de l'air et aux laboratoires de mesure. Elle explique comment mesurer et évaluer les immissions de polluants atmosphériques, comment garantir la qualité des mesures et assurer qu'elles soient comparables sur le long terme. Les recommandations concernant les mesures sont conformes aux normes et aux directives internationales et se réfèrent à la technique actuelle. Elles comprennent des indications détaillées sur les méthodes de référence et de mesure, l'interprétation, l'évaluation et la présentation des résultats, ainsi que sur l'assurance qualité.

La presente aiuto all'esecuzione indica ai servizi di protezione dell'aria ed ai laboratori di misura il metodo da seguire per misurare e valutare le immissioni di inquinanti atmosferici e per assicurare la buona qualità nonché la comparabilità a lungo termine delle misurazioni effettuate. Le raccomandazioni sulle misurazioni sono conformi alle norme ed alle direttive internazionali vigenti e tengono conto dell'attuale stato della tecnica. Esse contengono informazioni dettagliate sui metodi di riferimento e di misurazione, sull'interpretazione, la valutazione e la presentazione dei risultati e sull'assicurazione della qualità.

**Keywords:**

*air pollutants, ambient air quality, measurements, quality assurance*

**Stichwörter:**

*Luftschadstoffe, Immissionen, Messungen, Qualitätssicherung*

**Mots-clés:**

*polluants atmosphériques, immissions, mesures, assurance qualité*

**Parole chiave:**

*Inquinanti atmosferici, immissioni, misurazioni, assicurazione della qualità*

---

# Vorwort

Die Luftreinhaltepolitik in der Schweiz ist eine Erfolgsgeschichte. Es braucht aber noch weitere Anstrengungen, damit das in der Bundesverfassung und im Umweltschutzgesetz verankerte Ziel einer sauberen gesunden Luft erreicht wird.

Um dieses Ziel zu erreichen wurden von Bund, Kantonen und Gemeinden in den letzten Jahrzehnten viele Massnahmen getroffen. Damit konnten die Emissionen der meisten Luftschadstoffe erfolgreich reduziert werden. Und dieser Erfolg lässt sich messen: Die Luftqualität in der Schweiz hat sich in den letzten 35 Jahren deutlich verbessert. So werden die meisten Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit sowie der Umwelt heute eingehalten. Um die noch vorhandene Belastungen wirksam zu reduzieren, sind auch in Zukunft in der Schweiz aber auch international weitere Massnahmen zur Verminderung der Luftschadstoffe nötig und möglich.

Immissionsmessungen bleiben auch in Zukunft ein wichtiges Element der Luftreinhaltung. Nur so kann die Wirksamkeit der getroffenen Massnahmen überprüft und die Qualität unserer Luft zuverlässig beurteilt werden. Dazu braucht es Messungen von hoher Qualität. Die Messempfehlungen sollen helfen, dass die in den letzten Jahrzehnten in den Immissionsmessnetzen von Bund, Kantonen und Städten erarbeitete hohe Messqualität auch in Zukunft gewährleistet werden kann.

Denn Luft ist Leben. Ein Mensch atmet pro Tag etwa 15 000 Liter oder umgerechnet gut 15 Kilogramm Luft ein. Damit ist die Umgebungsluft unser wichtigstes Lebensmittel. Dieser Luft gilt es Sorge zu tragen, jetzt und in Zukunft. Und dazu gehört auch, dass wir genau schauen, wie es denn unserer Atemluft eigentlich geht.

Paul Steffen, Vizedirektor  
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

---

# Einleitung

Die Immissionsmessempfehlungen wurden erstmals im Januar 1990 herausgegeben. Die nun vorliegende dritte Auflage wurde aktualisiert und ergänzt. Sie orientiert sich am aktuellen Stand der internationalen Normen und Richtlinien sowie der Technik. Die Revision wurde von der CercI'Air (Schweizerische Gesellschaft der Lufthygienefachleute) Arbeitsgruppe QS (Qualitätssicherung) Immissionen mit Vertretern aus dem BAFU, METAS, der Empa und der Kantone vorbereitet und den kantonalen Lufthygienefachstellen zur Konsultation unterbreitet.

## Rechtliche Grundlagen

Das Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (USG; SR 814.01) verpflichtet den Bund und die Kantone Erhebungen über die Umweltbelastung durchzuführen und den Erfolg der Massnahmen des USG zu prüfen (Art. 44 Abs. 1 USG). Gemäss Artikel 39 der Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (LRV; SR 814.318.142.1) hat das BAFU die Aufgabe, Erhebungen über den Stand und die Entwicklung der Luftverunreinigung im gesamtschweizerischen Rahmen durchzuführen. Die Empa betreibt dazu im Auftrag des BAFU das Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL). Gemäss Artikel 27 LRV obliegt es den Kantonen, den Stand und die Entwicklung der Luftverunreinigung auf ihrem Gebiet zu überwachen und insbesondere das Ausmass der Immissionen zu ermitteln. Die zuständige Luftreinhaltefachstelle beurteilt, ob die ermittelten Immissionen übermässig sind (Art. 42 Abs. 1 USG, Art. 30 LRV). Die Behörden haben die Öffentlichkeit sachgerecht über den Umweltschutz und den Stand der Umweltbelastung zu informieren (Art. 10e Absatz 1 USG).

Die Immissionsmessungen und -messnetze sind somit ein unverzichtbares und wichtiges Vollzugsinstrument der Luftreinhaltepolitik von Bund und Kantonen.

## Zweck der Immissionsmessungen

Das wichtigste Ziel der Immissionsmessungen ist gemäss gesetzlichem Auftrag eine zuverlässige Überwachung der Luftqualität in der Schweiz im nationalen und lokalen Rahmen. Anhand der Messresultate kann die zuständige Fachbehörde den Stand und die Entwicklung der Luftbelastung beurteilen und über die Notwendigkeit von Luftreinhalte-massnahmen entscheiden. Die Analyse der Immissionsmessungen dient der Information der politischen Entscheidungsträger und der Öffentlichkeit. Sie ermöglicht weiter die Erfolgskontrolle der eingeleiteten Massnahmen zur Emissionsminderung. Daneben sind die Daten auch wertvoll für die Entwicklung und Validierung von lufthygienischen Modellen und können wissenschaftlichen Zwecken dienen. Sie ermöglichen einen Vergleich der Luftbelastung innerhalb der Schweiz und auch mit anderen Ländern. Sie erlauben es der Schweiz, ihren internationalen Verpflichtungen zur Orientierung über die Luftverschmutzung auf ihrem Gebiet nachzukommen (z. B. EMEP, EUROAIRNET der EEA).

Die vorliegenden Messempfehlungen dienen als Anleitung zur Erreichung einer guten Qualität und langjährigen Vergleichbarkeit dieser Immissionsmessungen. Die Immissionsmessempfehlung gibt den Rahmen vor, die Details sind die in den zitierten geltenden Normen ausgeführt.

---

# 1 Referenzverfahren

## a) *Luftschadstoffe mit IGW in der Luftreinhalte-Verordnung*

### 1.1 Schwefeldioxid

Referenzverfahren für die Messung von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) ist das Ultraviolett fluoreszenz-spektrometrische Verfahren nach der Norm SN EN 14212:2012.

### 1.2 Stickoxide

Referenzverfahren für die Messung von Stickoxiden (NO, NO<sub>2</sub>) ist das Chemilumineszenzverfahren nach der Norm SN EN 14211:2012.

### 1.3 Kohlenmonoxid

Referenzverfahren für die Messung von Kohlenmonoxid (CO) ist das nichtdispersive infrarot-spektrometrische Verfahren nach der Norm SN EN 14626:2012.

### 1.4 Ozon

Referenzverfahren für die Messung von Ozon (O<sub>3</sub>) ist das direkte UV-photometrische Verfahren nach der Norm SN EN 14625:2012.

### 1.5 Schwebestaub (PM10, PM2.5)

Referenzverfahren für die Messung von Schwebestaub (PM10 und PM2.5) ist das gravimetrische Verfahren nach der Norm SN EN 12341:2014.

### 1.6 Staubniederschlag

Referenzverfahren für die Messung von Staubniederschlag (insgesamt) ist das Bergerhoff-Verfahren nach der Richtlinie VDI 4320 Blatt 2 (2012).



---

## 1.7 Inhaltsstoffe in Schwebestaub und Staubniederschlag

Die Bestimmung der Staubinhaltsstoffe soll nach anerkannten Techniken der Spurenanalytik nach SN EN 14902:2005 erfolgen. Empfohlen wird ein regelmässiges Mitanalysieren eines zertifizierten Referenzstaubs, z. B. ERM-CZ120 fine dust (PM10-like).

### *b) Luftschadstoffe ohne IGW in der Luftreinhalte-Verordnung*

## 1.8 EC und OC im Schwebestaub

Elemental Carbon (EC) und Organic Carbon (OC) wird mittels thermo-optischem Verfahren gemäss SN EN 16909:2017 erhoben.

## 1.9 Ionen im Schwebestaub

Ionen ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) im Schwebestaub werden gemäss SN EN 16913:2017 erhoben.

## 1.10 PAK im Schwebestaub

Benzo[a]pyren wird gemäss SN EN 15549:2008 erhoben.

Benz[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[j]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Di-benz[a,h]anthracen, Indeno[1,2,3-cd]pyren und Benzo[ghi]perylen werden gemäss CEN/TS 16645:2014 erhoben.

## 1.11 VOC

Benzol wird gemäss SN EN 14662-1:2005, SN EN 14662-2:2005, SN EN 14662-3:2016, SN EN 14662-4:2005 und SN EN 14662-5:2005 erhoben.

## 1.12 Ammoniak

Kontinuierliche Ammoniak ( $\text{NH}_3$ )-Messverfahren basieren auf extraktiver oder «open path» optischer Spektroskopie. Diese Verfahren sind aktuell noch nicht normiert. Alternativ kann Ammoniak auch mit Passivsammlern oder Denudern bestimmt werden. Für die Passivsammlermethode gilt SN EN 17346:2020.

---

### **1.13 Partikelanzahl**

Für die Partikelanzahlmessung wird auf die CEN/TS 16976:2016 verwiesen. Zusätzlich wird die Partikelanzahlmessung in der Cercl'Air Empfehlung Nr. 28 beschrieben.

### **1.14 Übrige Luftschadstoffe**

Übrige Luftschadstoffe, für welche die vorliegende Messempfehlung kein Referenzverfahren festlegen, gilt folgender Grundsatz: Immissionsmessungen werden nach den national und international anerkannten Regeln der Messtechnik durchgeführt. Wenn immer verfügbar, sollen auch diese Verfahren regelmässig mit rückführbaren Normalen kalibriert werden.

---

## 2 Messverfahren

### 2.1 Grundsatz

Immissionsmessungen, mit welchen rechtskräftig belegt werden soll, ob die Immissionsgrenzwerte nach Anhang 7 LRV eingehalten oder überschritten sind, sind mit Messgeräten durchzuführen, welche einem Referenzverfahren nach Ziffer 1 entsprechen und bei welchen die Normkonformität (Typenprüfung) geprüft wurde. Werden nicht typengeprüfte Messgeräte eingesetzt, muss die Gleichwertigkeit nachgewiesen werden (Ziffer 2.2).

### 2.2 Gleichwertigkeit

#### 2.2.1

Gelangen andere Messverfahren als das Referenzverfahren zum Einsatz, so ist deren Gleichwertigkeit zum Referenzverfahren über den relevanten Konzentrations- und Zeitbereich gemäss des «Guide to the demonstration of the equivalence of ambient air monitoring methods» (GDE, 2010) nachzuweisen. Die erweiterte Messunsicherheit des eingesetzten Messgerätes soll dabei für Konzentrationen im Bereich der Grenzwerte die in Ziffer 7.4 aufgelisteten Zielwerte einhalten. Messungen nach Messverfahren, die diese Anforderungen nicht erfüllen, gelten als orientierende Messungen.

#### 2.2.2

Zur Messung von **SO<sub>2</sub>**, **NO<sub>2</sub>**, **O<sub>3</sub>** und **CO** sollte das entsprechende Referenzverfahren angewendet werden. Werden Messgeräte eingesetzt, welche nicht das Referenzverfahren einsetzen, ist ein Gleichwertigkeitsnachweis gemäss GDE (2010) durchzuführen. Dabei soll die kombinierte Standard-Messunsicherheit im Bereich des Grenzwertes die Anforderungen gemäss Annex A des Guides erfüllen.

#### 2.2.3

Für den Nachweis der Gleichwertigkeit von kontinuierlichen **PM<sub>10</sub>**- und **PM<sub>2.5</sub>**-Messverfahren gelten die Mindestanforderungen gemäss SN EN 16450:2017. Diese Norm umfasst einerseits die Prüfung der grundsätzlichen Eignung des AMS (Automated Measuring System - automatische Messeinrichtung) durch einen in Anlehnung an GDE (2010) durchgeführten Gleichwertigkeitsnachweis mit dem gravimetrischen Referenzverfahren. Andererseits sind in SN EN 16450:2017 die Mindestanforderungen an die Qualitätssicherung der im Messnetz eingesetzten AMS beschrieben, wodurch die Gleichwertigkeit der Messdaten sichergestellt wird.

Die Qualitätssicherung der eingesetzten AMS erfordert regelmässige Vergleichsmessungen mit dem gravimetrischen Referenzverfahren. In Ergänzung zur Norm sollen diese Vergleichsmessungen für jeden im Messnetz eingesetzten AMS durchgeführt werden.

Durch die Anwendung eines geeigneten Korrekturverfahrens wird die Gleichwertigkeit von Messdaten aus AMS mit dem Referenzverfahren sichergestellt (Beispiele für Korrekturverfahren siehe Anhang 2). Für die Ermittlung von Jahresmittelwerten und von jährlichen Überschreitungshäufigkeiten aus Daten von AMS müssen die korrigierten Messwerte verwendet werden.

#### 2.2.4

Für den Nachweis der Gleichwertigkeit der Messungen von lichtabsorbierendem Kohlenstoff (Schwarzer Kohlenstoff oder **Black Carbon, BC**) sollen mindestens 30 Tagesproben regelmässig über das Jahr verteilt mit der Referenzmethode für Elementaren Kohlenstoff (EC) verglichen werden. Der auf EC referenzierte BC-Wert wird auch als äquivalenter Schwarzer Kohlenstoff oder equivalent Black Carbon (EBC) bezeichnet. Beide Messungen (EC und BC) sollen in der gleichen Feinstaubfraktion (PM10 oder PM2.5) durchgeführt werden, bei der Publikation ist die Feinstaubfraktion anzugeben.

Durch die Anwendung eines geeigneten Korrekturverfahrens wird die Gleichwertigkeit von Messdaten aus AMS mit dem Referenzverfahren sichergestellt. Aus diesen korrigierten Werten werden die entsprechenden Mittelwerte gebildet.

### 2.3 Probenahmeverrichtung

Die Messsonde sollte allseitig möglichst ungehindert anströmbar sein.

Damit sich die Probeluft in den Ansaugleitungen nicht verändert, sollten folgende Vorkehrungen getroffen werden:

- Sämtliche Zuleitungen zu den Messsystemen sollten gegenüber den Luftschadstoffen eine möglichst geringe Wechselwirkung aufweisen (z. B. Teflon, Glas).
- Es empfiehlt sich, mit separatem Ventilator oder Pumpe einen grossen Aussenluftvolumenstrom anzusaugen. Der Druckabfall in der Hauptleitung soll maximal 20 hPa betragen. Die Messgeräte selbst sind mit möglichst kurzen Stichleitungen an die Hauptleitung anzuschliessen.
- Eine Verweilzeit (Ansaugvorrichtung – Eingang Messgerät) von  $\leq 5$  s ist anzustreben.
- Bei gasförmigen Schadstoffen sollten Partikelfilter nach dem Referenzgasanschluss angebracht sein.
- Für Schwebestaubmessungen soll eine gerade, für diese Messung adäquate, Probenahmeverrichtungen verwendet werden.
- Sämtliche Ansaugleitungen sind regelmässig zu reinigen, um Verluste zu vermeiden. Die Häufigkeit der Reinigung des Probenahmesystems hängt von den lokalen Bedingungen ab.

### 2.4 Kontinuierliche und quasikontinuierliche Messverfahren

Unter kontinuierlichen Messverfahren werden Verfahren verstanden, bei denen die Probenahme und die Ermittlung des Messergebnisses (Analyse) fortlaufend und automatisch erfolgen. Die Probenahme von quasikontinuierlichen Messverfahren können zeitlich nicht durchgehend erfolgen.

### 2.5 Nicht-kontinuierliche Messverfahren

#### 2.5.1

Unter nicht-kontinuierlichen Messverfahren werden Verfahren verstanden, bei denen die Probenahme und die Ermittlung des Messergebnisses (Analyse) zeitlich und örtlich getrennt erfolgen (SN EN 13528-1:2002, SN EN 13528-2:2002, Cercl'Air Empfehlung Nr. 25). Die einzelnen Probenahmen folgen sich in der Regel lückenlos.

---

Von den in der LRV geregelten Schadstoffen fallen die Messungen von Schwebestaub (PM10 und PM2.5 gravimetrisch), Staubniederschlag, die Bestimmung der Inhaltsstoffe sowie Passivsammlermessungen in diese Kategorie.

### **2.5.2**

Die Probenahme und Analytik der Proben hat so zu erfolgen, dass die Nachweisgrenze des Verfahrens 10 % des Langzeitgrenzwerts nicht überschreitet.

### **2.5.3**

Bei den Verfahren mit aktiver Probenahme geht der Volumenfluss direkt in das Messresultat ein und ist deshalb zu kalibrieren.

Für die Kalibrierung des Volumenstroms bei PM10- und PM2.5-Messungen mit Low- oder HighVolume Samplern gelten als Bezugsbedingungen die langjährigen Jahresmittel von Temperatur und Luftdruck der jeweiligen Station. Den Messergebnissen wird das Luftvolumen, bezogen auf die Umgebungsbedingungen während der Probenahme (in der Regel 24 Stunden), zugrunde gelegt.

### **2.5.4**

Bei Lagerung und Transport der Proben ist sicherzustellen, dass keine Verfälschung der Proben zum Beispiel durch Kontamination, Verlust oder zu hohe Temperaturen auftreten.

### **2.5.5**

Die Verfahren zur Analyse der nach LRV zu bestimmenden Staubinhaltsstoffe (Metalle) sind nicht vorgeschrieben, sondern können aus den anerkannten Techniken der Spurenanalytik gewählt werden. Die Validierung des gewählten Verfahrens hat nach den anerkannten Regeln der analytischen Qualitätssicherung zu erfolgen. Insbesondere soll die Qualität der eingesetzten Materialien, der Probenahme und der Aufarbeitung durch regelmässige Feldblindwerte und die Effizienz des Aufschlusses durch periodische Analysen eines zertifizierten Referenzstaubs kontrolliert werden.

---

## 3 Messbedingungen

### 3.1 Messdauer

Um den Vergleich mit anderen Immissionsmessungen zu erleichtern, wird empfohlen über den Zeitraum eines Kalenderjahres zu messen.

### 3.2 Ort der Messungen

Immissionen müssen grundsätzlich überall dort gemessen werden, wo die Schutzziele gemäss Artikel 14 des USG zu überwachen sind.

### 3.3 Räumliche Aussagekraft

Messungen geben die Immissionssituation am betreffenden Messort wieder. In der Regel haben sie auch für die nähere Umgebung des Messortes Gültigkeit. Lässt sich der Messort einer bestimmten Standortsituation zuordnen, so darf zudem davon ausgegangen werden, dass an vergleichbaren Standorten ähnliche Immissionen auftreten.

Die Lufthygiene-Fachstelle entscheidet, für welche Gebiete die Messung ebenfalls Aussagen über die Immissionssituation ermöglicht. Sie entscheidet dabei aufgrund der allgemeinen Erfahrung, ihrer besonderen Kenntnisse im betreffenden Gebiet, der spezifischen meteorologischen Gegebenheiten und allenfalls aufgrund von ergänzenden Stichprobenmessungen sowie von Ausbreitungsrechnungen.

### 3.4 Immissionsmessungen in der Nähe von Anlagen

Luftverunreinigungen werden nach Artikel 7 Absatz 2 USG beim Austritt aus Anlagen als Emissionen und am Ort ihres Einwirkens als Immissionen bezeichnet.

Bei Strassen und industriellen Emissionsquellen ist zur Erfassung der Immissionen ausserhalb der Fahrbahn bzw. der Industrieanlage zu messen.

### 3.5 Messhöhe über Grund

Die Messhöhe der Sonde sollte entsprechend der Messaufgabe gewählt werden.

Immissionen sind in der Regel 1,5 bis 5,0 m über Grund zu messen.

---

### 3.6 Messraumtemperatur

Die Messgeräte sollen in klimatisierten oder thermostatisierten Messkabinen, Messräumen oder Messwagen mit einer Raumtemperatur von 19 – 25 °C untergebracht werden. Die Temperatur sollte möglichst stabil ( $\pm 2$  °C) gehalten werden.

### 3.7 Metadaten

Für sämtliche Messungen sind die relevanten Metadaten zu erheben und zu dokumentieren. Insbesondere sind dies:

- Adresse, Kontaktperson, Telefonnummer, Messort, Koordinaten, Höhe, Probenahmeort, Messhöhe über Boden, bei Verkehrsstandorten zusätzlich Strassenabstand und DTV
- Standortcharakteristika gemäss Anhang 4
- Mittlere Referenzbedingungen für Schwebestaub
- Besondere Vorkommnisse im unmittelbaren Einflussgebiet der Station sollen dokumentiert werden. Dies sind beispielsweise Baustellen, Verkehrsänderungen oder Festanlässe.

### 3.8 Meteodaten

Nebst den Immissionsdaten sollten auch folgende Meteodaten vorhanden sein: Luftdruck, Temperatur, Globalstrahlung, relative Feuchtigkeit, Niederschlag, Windgeschwindigkeit und Windrichtung.

### 3.9 Verkehrsdaten

Bei Verkehrsstandorten soll periodisch die Verkehrsmenge und deren Zusammensetzung bestimmt oder beschafft werden.

---

# 4 Auswertung der Messungen

## 4.1 Erfassung von kontinuierlichen und quasikontinuierlichen Messsignalen

Die Messsignale sollten in möglichst kurzen Zeitintervallen erfasst und in der Regel über ein Zeitintervall von 10 oder 30 Minuten gemittelt werden. Diese unbereinigten Messwerte sollen zusammen mit Datum, Zeit (Anfangs- resp. Endzeitpunkt des Mittelungsintervalls) und Ort sowie weiteren Kenngrößen, wie zum Beispiel Statusmeldungen digital auf einen Datenträger übertragen werden. Spezielle Ereignisse (relevante Datenausfälle, spezielle Meteosituationen etc.) sollen mit den Daten dokumentiert werden.

## 4.2 Erfassung von nicht-kontinuierlichen Messresultaten

### 4.2.1

Wichtige Parameter der Probenahme (Daten und Zeiten der Probenwechsel, Kontrollen und Kalibrationen der Volumenströme, Geräteausfälle, besondere Ereignisse) sind zu protokollieren. Die Dokumentation der Wägungen und der Laboranalytik hat nach den anerkannten Regeln der analytischen Qualitätssicherung zu erfolgen. Empfehlungen dazu finden sich in der Verordnung über die gute Laborpraxis (GLPV 2012).

### 4.2.2

Die daraus resultierenden Daten (Protokolle, Laborjournale, Files) sind zu archivieren.

## 4.3 Bereinigung der Messdaten

### 4.3.1

Die unbereinigten Messwerte sind zum frühzeitigen Erkennen von messtechnischen Problemen zeitnah auf ihre Plausibilität hin zu prüfen.

### 4.3.2

Aus den unbereinigten Messwerten nach Ziffer 4.1 und Ziffer 4.2 werden unter Berücksichtigung der Kalibrationsdaten und der Wartungsprotokolle die bereinigten Messdaten erstellt. Bei dieser Bereinigung werden verworfene sowie veränderte Werte speziell gekennzeichnet.

### 4.3.3

In der Regel sollen durch besondere Ereignisse im unmittelbaren Einflussgebiet der Messstation beeinflusste Messungen nicht verworfen werden. Dies sind beispielsweise Baustellen, Verkehrsänderungen oder Festanlässe.

### 4.3.4

Negative Messwerte sollen beibehalten werden, solange die dreifache Standardabweichung vom Nullpunktrauschen nicht unterschritten wird. Die Standardabweichung vom Nullpunktrauschen kann mit der Aufgabe von Nullluft ermittelt oder aus Prüfberichten übernommen werden.



#### 4.3.5

Werte unterhalb der Nachweisgrenze werden bei der Mittelwertbildung als effektive gemessene Werte berücksichtigt.

### 4.4 Datenverfügbarkeit

Die Datenverfügbarkeit wird angegeben als Verhältnis von Messzeit zu Einsatzzeit. Die Messzeit ist die Zeit, während der valide Messdaten für die Aussenluftkonzentrationen gewonnen werden. Die Einsatzzeit ist die gesamte betrachtete Zeitspanne abzüglich Kalibrierung, Konditionierung und Wartung.

Die Verfügbarkeit der einzelnen Probenahmegeräte im stationären Einsatz sollte mindestens 90 % sein (SN EN 14211:2012).

### 4.5 Berechnung der Massenkonzentrationen

#### 4.5.1

Stoffmengenanteile in  $10^{-9}$  mol/mol (ppb) bzw.  $10^{-6}$  mol/mol (ppm) werden nach folgender Formel in Massenkonzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. in  $\text{mg}/\text{m}^3$  umgerechnet:

$$C_i = x_i \frac{p \times M_i}{T \times R}$$

Dabei bedeuten:

$C_i$ : Massenkonzentration des Gases  $i$  in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (bzw.  $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$x_i$ : Stoffmengenanteil des Gases  $i$  in ppb (bzw. ppm)

$p$ : atmosphärischer Druck in Pascal

$T$ : absolute Umgebungstemperatur in K;  $T = t + 273,15$  mit  $t =$  Temperatur in  $^{\circ}\text{C}$

$R$ : molare Gaskonstante  $8,3145 \text{ J}/(\text{mol K})$

$M_i$ : molare Masse des Gases  $i$  in  $\text{kg}/\text{mol}$

#### 4.5.2

Die Umrechnung von ppb in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (bzw. ppm in  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) erfolgt nach Tabelle 1. Die Umrechnungsfaktoren beruhen – analog zum Vorgehen in der EU – auf einer Temperatur von  $293,15 \text{ K}$  ( $20^{\circ}\text{C}$ ) und einem Druck von  $1013,25 \text{ hPa}$ .

**Tabelle 1****Umrechnungsfaktoren für Konzentrationswerte von ppb in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. von ppm in  $\text{mg}/\text{m}^3$** 

Luftfremdstoff	Umrechnungsfaktor
Schwefeldioxid	2,66
Stickstoffmonoxid	1,25
Stickstoffdioxid	1,91
Kohlenmonoxid	1,16
Ozon	2,00
Ammoniak	0,708
Methan	0,667

Rechenbeispiele:       $1 \text{ ppb SO}_2 = 2,66 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$   
                               $1 \text{ ppm CO} = 1,16 \text{ mg CO}/\text{m}^3$

## 4.6 Statistische Auswertung

### 4.6.1

Für den Vergleich mit den Immissionsgrenzwerten nach Anhang 7 LRV sind die Messwerte entsprechend den statistischen Definitionen der LRV auszuwerten. Wenn nicht speziell vermerkt, gelten dabei folgende Bedingungen:

In der Regel wird für das ganze Jahr die MEZ (= UTC + 1 h) verwendet. Abweichungen müssen vermerkt werden.

Der Anfangs- oder Endzeitpunkt des Mittelungsintervalls ist anzugeben. Stundenmittelwerte werden auf die Dauer einer Stunde bezogen und sind beginnend auf eine volle Stunde zu legen (z. B. 14.00 – 15.00 Uhr). Tagesmittelwerte werden auf die Dauer eines Kalendertags bezogen. Jahresmittelwerte beziehen sich auf die Dauer eines Kalenderjahres.

### 4.6.2

Für die Berechnung der statistischen Kenngrößen aus kontinuierlichen Messungen auf der Basis von beispielsweise Halbstunden- oder Zehnminutenmittelwerten (Basismittelwerte) sollte mindestens die folgende Anzahl Mittelwerte vorliegen:

**Tabelle 2**  
**Minimale Anteile der Messwerte zur Berechnung statistischer Kenngrößen**

	Kontinuierliche Messungen	Messungen mit Tagesproben
Zehnminutenmittelwert	80 %-Abdeckung des Messintervalls	
Halbstundenmittelwert	80 %-Abdeckung des Messintervalls oder mindestens zwei Zehnminutenmittelwerte	
Stundenmittelwert	80 % der Basismittelwerte	
Tagesmittelwert	80 % der Basismittelwerte	80 %-Abdeckung des Messintervalls
Monatsmittelwert	80 % der Basismittelwerte	80 % der Tageswerte
Jahresmittelwert	90 % der Basismittelwerte, es darf jedoch kein Ausfall von mehr als 10 aufeinanderfolgenden Tagen vorliegen	90 % der Tageswerte, es darf jedoch kein Ausfall von mehr als 10 aufeinanderfolgenden Tagen vorliegen

Für die Berechnung von Wochen-, 14-Tage- und Quartalsmitteln etc. sollte analog eine 80 %-Abdeckung des Messintervalls vorliegen. Für die Berechnung des AOT40 sollten mindestens 90 % der Ozon-Stundenmittelwerte im Zeitraum April – September vorliegen.

Datenlücken in den Basismittelwerten sollen für die Berechnung der statistischen Kenngrößen nicht mit berechneten Werten gefüllt werden.

#### 4.6.3

Messreihen, welche die Voraussetzungen von Ziffer 4.6.2 nicht erfüllen, gelten als unvollständig. Werden Kenngrößen aus solchen Messreihen berechnet, so sind sie als unvollständige Messreihen zu kennzeichnen.

#### 4.6.4

Für die Publikation der aktuellen Luftbelastung dürfen Messdaten mit unvollständiger Abdeckung des Messintervalls verwendet werden.

## 4.7 Berechnung der AOT40-Werte für Ozon

### 4.7.1 Begriffsbestimmung

Der AOT40 (accumulated exposure over a threshold of 40 ppb, nach CLRTAP 2017, Ziffer 3) ist die auf der Basis von Stundenmittelwerten aufsummierte Ozonbelastung über der Schwellenkonzentration von 40 ppb während Stunden mit Tageslicht. Diese Dosis ist ein Mass zur Charakterisierung der Ozonbelastung der Vegetation.

Für Waldbäume wird der AOT40 für eine Vegetationsperiode von 6 Monaten (April – September) festgelegt. Durch den Vergleich des AOT40 mit dem kritischen Belastungswert (Critical Level) kann abgeschätzt<sup>1</sup> werden, ob für die Vegetation ein Risiko aufgrund der hohen Ozonbelastung besteht.

<sup>1</sup> Für eine detaillierte Analyse der Ozonbelastung auf Pflanzen wird heute bevorzugt ein Ozonfluss-basierter Ansatz verwendet, da die Ozonaufnahme der Pflanzen u. a. durch die Bodenfeuchte beeinflusst wird. Hierfür wird die phytotoxische Ozondosis (POD) über einem Schwellenwert berechnet (CLRTAP 2017, Kapitel 3), was allerdings relativ aufwändig und datenintensiv ist.

Für Waldbäume wurde ein kritischer AOT40-Wert (Critical Level) von 5 ppmh für langzeitliche Ozonbelastungen festgelegt, bei dessen Überschreitung mit schädlichen Wirkungen auf Wachstum und Entwicklung der Pflanzen zu rechnen ist. Der kritische AOT40-Wert gilt für Belastungen auf der Höhe des Kronendaches. Für den Wald kann davon ausgegangen werden, dass die Ozonkonzentrationen beim Kronendach ähnlich sind wie diejenigen bei einer benachbarten Immissionsmessstation im Freiland abseits von Emissionsquellen. Der AOT40 für den Wald kann somit aus den Immissionsmessdaten gemäss der vorliegenden Empfehlung ermittelt und mit dem Critical Level für den Wald verglichen werden.

#### 4.7.2 Berechnung

$$AOT40 = \sum [x_{O_3} - 40] \times \Delta t$$

in ppbh oder ppmh. Dabei bedeutet:

$x_{O_3}$ : Ozon-Stundenmittelwerte in ppb > 40 ppb der Vegetationsperiode bei einer Globalstrahlung > 50 W/m<sup>2</sup>  
 $\Delta t$ : Mittelungsintervall für die Konzentrationsbestimmung (1 h)

Als Summengrösse basiert der AOT40 grundsätzlich auf einer vollständigen Datenreihe für das Ozon und für die Globalstrahlung. Falls die Globalstrahlung nicht gemessen wird oder nicht alle Werte vorliegen, so können für die Berechnung des AOT40 die Ozon-Stundenmittelwerte herangezogen werden, die im Intervall von 08.00 – 20.00 Uhr MEZ (= 09.00 – 21.00 Uhr Sommerzeit) liegen.

Falls nicht alle, jedoch mindestens 90 % (vgl. 4.6.2) der Ozon-Stundenmittelwerte vorliegen, so kann der AOT40-Wert wie folgt korrigiert werden:

$$AOT40_k = AOT40_u \times \frac{N_{tot}}{N_{tot} - N_f}$$

Dabei bedeuten:

$AOT40_k$ : korrigierter AOT40  
 $AOT40_u$ : AOT40 aus unvollständiger Datenreihe  
 $N_{tot}$ : Anzahl Stunden zwischen 08.00 und 20.00 MEZ  
 $N_f$ : Anzahl fehlender Stunden zwischen 08.00 und 20.00 MEZ

## 4.8 Langjährige Datenreihen

Ergebnisse, die aufgrund der Vorgaben früherer Immissionsmessempfehlungen ermittelt wurden, sind gemäss Ziffer 4.5 der vorliegenden Empfehlung neu zu bestimmen.

Für die Mindestanforderungen zur Berechnung von statistischen Kenngrössen gemäss Ziffer 4.6 gelten die zum Zeitpunkt der Erhebung gültigen Messempfehlungen.

---

## 5 Vergleich mit Immissionsgrenzwerten

Für den Vergleich der nach den Messempfehlungen erhobenen Messwerte mit den entsprechenden Immissionsgrenzwerten nach LRV gelten folgende Beurteilungskriterien:

**$x \leq \text{IGW}$**       Der Immissionsgrenzwert ist eingehalten.

**$x > \text{IGW}$**       Der Immissionsgrenzwert ist überschritten.

Dabei bedeuten:

**x:**      Ermittelter Immissionswert (z. B. Jahresmittelwert in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
Dabei ist die Anzahl anzugebender signifikanter Stellen durch die Messunsicherheit gegeben  
(vergleiche Anhang 1)

**IGW:**    Immissionsgrenzwert nach LRV

---

# 6 Präsentation der Messergebnisse

## 6.1 Grundsatz

Um den Vergleich von Immissionsmessergebnissen zu erleichtern, sind diese möglichst einheitlich zu präsentieren. Es ist darauf zu achten, dass die korrekten statistischen Auswertungen gemäss IGW-Liste im Anhang 1 verwendet werden. Insbesondere sind die Grenzwertüberschreitungen und – falls möglich – die zeitliche Entwicklung der Luftqualität zu dokumentieren. Dabei müssen die Daten früherer Jahre in neuen Publikationen so neu berechnet werden, dass sie den Ziffern 4.5, 4.7 und 4.8 der vorliegenden Messempfehlung entsprechen.

Die Messstationen sollten in Standorttypen gemäss Anhang 5 eingeteilt werden.

## 6.2 Datenformat

Bei der Präsentation von Messdaten wird empfohlen, das Datenformat gemäss Anhang 1 darzustellen.

Bei Höhenstandorten über 1500 m. ü. M. wird empfohlen, die Ozonkonzentration in ppb zu publizieren.

## 6.3 Messunsicherheit

Die erweiterte Messunsicherheit ist (in der Regel 95 %-Niveau) bei der Publikation anzugeben (vgl. auch Ziffer 7.4).

## 6.4 Publikation von Messdaten

Werden Messdaten veröffentlicht, so wird empfohlen, die im Anhang 3 formulierten Grundsätze zu befolgen.

---

# 7 Qualitätssicherung

Das Ziel der Qualitätssicherung ist die Gewährleistung einer Qualität der Mess- oder Analyseergebnisse, die dem Sinn und Zweck der Messungen angepasst ist. Das Qualitätssicherungssystem soll den Prinzipien nach ISO/IEC 17025:2017 folgen. Wichtigste Elemente zur Erreichung dieses Zieles sind:

- Kontrolle und Überprüfung der Messgeräte mit dem Gebrauchsnormale
- Kalibrierung und Rückführung des Reizenormals auf nationale Normale
- Ermittlung der Messunsicherheit
- Teilnahme an Ringkontrollen und -versuchen
- Information und Ausbildung der Messtechniker und Messnetzbetreiber

## 7.1 Kalibrierung

### 7.1.1

Messgeräte und -systeme sind regelmässig zu kalibrieren. Die Kalibrationen sollen mit rückführbaren Normalen erfolgen. Die Kalibrierung soll mindestens den Systemteil zwischen Probeneingang des Messgerätes bis und mit Datenerfassung umfassen. Dabei soll auch das Ansprechverhalten, die Stabilität und die Streuung überprüft werden.

### 7.1.2

Nach jeder Gerätewartung sind der Nullpunkt und mindestens ein weiterer Kalibrationspunkt neu zu bestimmen.

Eine automatische Nachjustierung der Geräte aufgrund der automatischen Kontrolle der Kalibrierfunktion wird nicht empfohlen.

Die Kalibrierzeiten sollen regelmässig über die Tageszeiten variiert werden.

### 7.1.3

Es ist sicherzustellen, dass in der Ansaugleitung und den Stichleitungen Verluste der Messkomponente vernachlässigt werden können. Zum Beispiel durch regelmässige Reinigung der Ansaugleitung, visuelle Überprüfung, Flusskontrolle, Dichtigkeitskontrolle und/oder Prüfgasaufgabe.

### 7.1.4

Bei kontinuierlich messenden Geräten soll mindestens einmal pro Jahr eine Kalibration vorgenommen werden. Die Kalibration hat an mehreren Kalibrationspunkten (Linearitätsprüfung), die sich über den gesamten Messbereich erstrecken, zu erfolgen. Werden die Anforderungen an die Linearität nicht mehr erfüllt, ist das Messsystem zu revidieren.

### 7.1.5

Bei Chemilumineszenzgeräten zur Messung von NO<sub>2</sub> ist der Wirkungsgrad des Konverters durch direkte Kalibrierung mit NO und NO<sub>2</sub> oder mittels Gasphasentitration zu überprüfen. Es wird empfohlen, den Konverterwirkungsgrad jährlich zu überprüfen. Es soll ein Konverterwirkungsgrad von mindestens 95 % erreicht werden. Bei einem Wirkungsgrad zwischen 95 % und 98 % ist eine Korrekturfunktion einzuführen.

### 7.1.6

Bei der Kalibration von Volumen- oder Massenfluss ist auf einheitliche Bezugsbedingungen (Druck, Temperatur) zu achten.

### 7.1.7

Sämtliche im Labor eingesetzte Messmittel sollen rückführbar kalibriert und nach Herstellerangaben gewartet werden.

## 7.2 Referenzgase

### 7.2.1

Bei der Kalibrierung soll Null-Luft verwendet werden, welche die Reinheitsanforderungen gemäss den in Ziffer 1 erwähnten Normen erfüllt.

### 7.2.2

Die Referenzgase können unverdünnt (Referenzgase mit Immissionskonzentrationen) oder verdünnt aus Druckgasflaschen eingesetzt oder direkt am Messplatz hergestellt werden:

- Schwefeldioxid: aus zertifizierter Druckgasflasche oder hergestellt mit zertifiziertem und kalibriertem Permeationsröhrchen in kalibriertem Permeationsofen
- Stickstoffmonoxid: aus zertifizierter Druckgasflasche
- Stickstoffdioxid: hergestellt mit zertifiziertem und kalibriertem Permeationsröhrchen in kalibriertem Permeationsofen. Zertifizierte Druckgasflaschen werden zurzeit nicht empfohlen.
- Kohlenmonoxid: aus zertifizierter Druckgasflasche
- Ozon: hergestellt mit Ozongenerator in Kombination mit einem rückführbaren Photometer (z. B. auf das Normal des METAS).

Als Trägergas der Referenzgasflaschen wird in der Regel Stickstoff (Reinheit mindestens 99,999 %) verwendet. Um der Stabilität der Referenzgase Rechnung zu tragen soll die Referenzgasflasche nur bis zu einem Restdruck von 30 bar verwendet werden.

### 7.2.3

Die Messfachstelle hat jedes neue Referenzgas oder Permeationsröhrchen mit den von ihr bisher verwendeten Referenzgasen bzw. Permeationsröhrchen zu vergleichen.

### 7.2.4

Werden Verdünnungseinrichtungen verwendet, so sind die Volumenströme regelmässig und rückführbar zu kalibrieren.



---

### 7.3 Instandhaltung

Um die Qualität der Messgeräte zu erhalten, sollen periodisch Wartungen durchgeführt werden. Die Wartungsarbeiten umfassen neben den manuellen Kalibrationen auch das Reinigen von Geräten und Ansaugleitung oder das Austauschen einzelner Bestandteile oder ganzer Messgeräte. Eine sorgfältig durchgeführte, prophylaktische Wartung trägt wesentlich zu einer lückenlosen Messreihe bei.

Es wird empfohlen, den Service der Messgeräte regelmässig nach Angaben der Hersteller durchzuführen.

### 7.4 Messunsicherheit

Jedes Messergebnis ist mit einer Unsicherheit behaftet. Diese Unsicherheit ist für jedes Gerätemodell zu bestimmen. Es wird empfohlen, die Unsicherheitsbestimmung gemäss den Normen für die Referenzverfahren (Ziffer 1), SN EN ISO 20988:2007, JCGM 100 oder EA-4/02 M:2013 durchzuführen. Praxisorientierte Hilfsmittel für die Erstellung eines Messunsicherheitsbudgets und die Berechnung der gesamten Messunsicherheit werden durch den Cercl'Air zur Verfügung gestellt (Cercl'Air Webseite).

Die erweiterte Messunsicherheit (95 %-Vertrauensniveau) soll im Bereich des zu überprüfenden Immissionsgrenzwertes für Jahresmittel höchstens 10 % und für Tagesmittel höchstens 15 % betragen.

### 7.5 Rückführbarkeit

Bei allen Messungen ist die Rückführbarkeit auf ein national anerkanntes Normal zu gewährleisten.

### 7.6 Vergleichsmessungen

Den Lufthygienefachstellen wird eine regelmässige Teilnahme an nationalen und internationalen Vergleichsmessungen (Ringkontrollen und -versuche) empfohlen.

### 7.7 Dokumentation

Die Arbeiten und Resultate im Rahmen der Qualitätssicherung sollen dokumentiert werden (Cercl'Air Empfehlung Nr. 13).

---

## 8 Geltungsbereich

Diese Empfehlungen gelten im Sinne von Artikel 27 Absatz 2 LRV für die Messung von Luftfremdstoff-Immissionen. Sie ersetzen die Empfehlungen über die Immissionsmessung von Luftfremdstoffen vom 1. Januar 2004.

---

# Glossar

**Gleichwertige Messverfahren (procédure de mesure équivalente / equivalent measurement method)**

Messverfahren sind zu Referenzverfahren gleichwertig, wenn sie unter definierten Bedingungen Messergebnisse erzielen, die innerhalb einer vorgegebenen Toleranz zum Referenzverfahren liegen.

**Gebrauchsnorm (étalon de travail / working standard) [VIM3, Nr. 5.7]**

Normal, das routinemässig gebraucht wird, um Massverkörperungen, Messgeräte oder Referenzmaterialien zu kalibrieren oder zu prüfen.

**Genauigkeit (exactitude / accuracy) [VIM3, Nr. 2.13]**

Ausmass der Übereinstimmung zwischen dem Messergebnis und dem konventionell richtigen Wert (Referenzwert) der Messgrösse.

**Kalibrierung (étalonnage / calibration) [VIM3, Nr. 2.39]**

Tätigkeiten zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen den ausgegebenen Werten eines Messgerätes oder einer Messeinrichtung oder den von einer Massverkörperung oder von einem Referenzmaterial dargestellten Werten und den zugehörigen, durch Normale oder Referenzmaterialien festgelegten Werten.

**Massenkonzentration (concentration massique / mass concentration) [SN EN ISO 80000-9:2020, Nr. 11.2]**

Masse einer Substanz, bezogen auf ein definiertes Volumen bei definierten Referenzbedingungen (z. B. Mikrogramm pro Kubikmeter [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] bei 20 °C und 101,325 kPa für gasförmige Stoffe).

**Messergebnis (résultat de mesure / measurement result) [VIM3, Nr. 2.9]**

Einer Messgrösse zugeordneter, durch Messung gewonnener Wertebereich.

**Messung (mesurage / measurement) [VIM3, Nr. 2.1]**

Prozess, bei dem einer oder mehrere Grössenwerte, die vernünftigerweise einer Grösse zugewiesen werden können, experimentell ermittelt werden.

**Messunsicherheit (incertitude de mesure / uncertainty of measurement) [VIM3, Nr. 2.26]**

Nicht negativer Parameter des Messergebnisses, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die der Messgrösse zugeordnet werden kann.

**Messverfahren (procédure de mesure / measurement procedure) [VIM3, Nr. 2.6]**

Detaillierte Beschreibung einer Messung gemäss einem oder mehreren Messprinzipien und nach einer bestimmten Messmethode, basierend auf einem Messmodell und einschliesslich allfälliger Berechnungen zum Erhalt eines Messergebnisses.

**Metrologische Rückführbarkeit (traçabilité métrologique / metrological traceability) [VIM3, Nr. 2.41]**

Eigenschaft eines Messergebnisses oder des Wertes eines Normals, durch eine ununterbrochene Kette von Vergleichsmessungen mit angegebenen Unsicherheiten auf geeignete Normale, im allgemeinen nationale Normale, bezogen zu sein.

**Nachweisgrenze (limite de détection / detection limit) [VIM3, Nr. 4.18]**

Die Nachweisgrenze ist der kleinste Gehalt einer Substanz, der qualitativ mit einem vorgegebenen Vertrauensbereich (im Allgemeinen 95 %) von einer Nullprobe unterschieden werden kann.

**Nationales Normal (étalon national / national standard) [VIM3, Nr. 5.3]**

Normal, das in einem Land durch nationalen Beschluss durch eine nationale Behörde als Basis zur Festlegung der Werte aller anderen Normale der betreffenden Grösse anerkannt ist.

**Normal (étalon / measurement standard) [VIM3, Nr. 5.1]**

Massverkörperung, Messgerät, Referenzmaterial oder Messeinrichtung zum Zweck, eine Einheit oder einen oder mehrere Grössenwerte festzulegen, zu verkörpern, zu bewahren oder zu reproduzieren.

**Referenzgasgemisch (mélange de gaz de référence / reference gas mixtures)**

Gasförmiges Gemisch als Normal mit zertifizierter Zusammensetzung.

**Referenzverfahren (procédure de mesure de référence / reference measurement procedure) [VIM3, Nr. 2.7]**

Ein von einer anerkannten Fach- oder Normenorganisation festgelegtes Messverfahren zur Bestimmung einer Messgrösse. Dessen Messresultate genügen, um die Richtigkeit von anderen Messverfahren mittels Kalibrierung oder Prüfung festzustellen.

**Reisenormal (étalon voyageur / travelling measurement standard) [VIM3, Nr. 5.8]**

Normal, das für den Transport zwischen verschiedenen Orten geeignet ist.

**Ringkontrolle, Ringversuch (campagne d'intercomparison / intercomparison campaign)**

Kontrolle der eingesetzten Messmittel durch ein einheitliches Reisenormal und/oder Vergleichsmessungen verschiedener Messgeräte oder -verfahren unter vergleichbaren Bedingungen am gleichen Messobjekt (z. B. Aussenluft).

**Stoffmengenanteil (fraction molaire / amount of substance fraction) [SN EN ISO 80000-9:2020, Nr. 14]**

Die Stoffmenge einer Substanz dividiert durch die Summe der Stoffmengen aller im Gemisch vorkommenden Substanzen angegeben in mol/mol.

---

# Abkürzungen

**AMS**

Automated measuring system (automatische Messeinrichtung)

**AOT40**

Accumulated Ozone exposure over a threshold of 40 ppb (aufsummierte Ozonbelastung über der Schwellenkonzentration von 40 ppb)

**BAFU**

Bundesamt für Umwelt

**BC**

Black Carbon

**CEN**

Comité Européen de Normalisation (Europäisches Komitee für Normung)

**Cercl'Air**

Schweizerische Gesellschaft der Lufthygienefachleute

**CO**

Kohlenmonoxid

**DTV**

Durchschnittlicher täglicher Verkehr

**EBC**

Equivalent Black Carbon

**EC**

Elemental Carbon

**EMEP**

European Monitoring and Evaluation Programme

**EEA (EUA)**

European environmental agency (Europäische Umweltagentur)

**Empa**

Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt

**EN**

Europäische Norm

**EUROAIRNET**

European air quality monitoring network

**IGW**

Immissionsgrenzwert der Luftreinhalte-Verordnung

**ISO/DIS**

International Organization for Standardization / Draft International Standard (Internationale Organisation für Normung / Internationaler Normentwurf)

**LRV**

Luftreinhalte-Verordnung

**METAS**

Eidgenössisches Institut für Metrologie

**MEZ**

Mitteuropäische Zeit (= UTC + 1 h, entspricht Winterzeit)

**NABEL**

Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe

**NIST**

National Institute of Standards and Technology, USA

**NO**

Stickstoffmonoxid

**NO<sub>2</sub>**

Stickstoffdioxid

**NH<sub>3</sub>**

Ammoniak

**O<sub>3</sub>**

Ozon

**OC**

Organic carbon

**PAK**

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

**PM10**Schwebestaub (Feinstaub): feindisperse Schwebestoffe mit einem aerodynamischen Durchmesser  $\leq 10 \mu\text{m}$ **PM2.5**Schwebestaub (Feinstaub): feindisperse Schwebestoffe mit einem aerodynamischen Durchmesser  $\leq 2.5 \mu\text{m}$ **ppb**

Anzahl Teilchen des betrachteten Stoffes pro Milliarde (Luft)Teilchen

**ppm**

Anzahl Teilchen des betrachteten Stoffes pro Million (Luft)Teilchen

**SN**

Schweizer Norm

**SO<sub>2</sub>**

Schwefeldioxid

**TS**

Technische Spezifikation

**USG**

Umweltschutzgesetz, Bundesgesetz über den Umweltschutz

**UTC**

Universal Time Coordinated – auf Caesium-Atomuhren basierende «Weltzeit» ohne Sommer- bzw. Winterzeitanpassung

**VDI**

Verein Deutscher Ingenieure

**VOC**

Volatile organic compounds, flüchtige organische Verbindungen

---

# Literatur

2001/752/EG: Entscheidung der Kommission vom 17. Oktober 2001 zur Änderung der Anhänge der Entscheidung 97/101/EG des Rates zur Schaffung eines Austausches von Informationen und Daten aus den Netzen und Einzelstationen zur Messung der Luftverschmutzung in den Mitgliedstaaten, 2001

97/101/EG: Entscheidung des Rates vom 27. Januar 1997 zur Schaffung eines Austausches von Informationen und Daten aus den Netzen und Einzelstationen zur Messung der Luftverschmutzung in den Mitgliedstaaten, 1997

CEN/TS 16645:2014: Verfahren zur Messung von Benz[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[j]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Dibenz[a,h]anthracen, Indeno[1,2,3-cd]pyren und Benzo[ghi]perylene – Aussenluft, 2014

CEN/TS 16976:2016: Aussenluft – Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration des atmosphärischen Aerosols, 2016

Cercl'Air Empfehlung Nr. 13: Qualitätssicherung von Immissionsmessungen für Gase und Partikel in der Schweiz, 2011

Cercl'Air Empfehlung Nr. 25: Stickstoffdioxidmessung mit Passivsammlern, 2004

Cercl'Air Empfehlung Nr. 28: Messung der Partikelanzahlkonzentration und -größenverteilung, 2010

Cercl'Air Webseite: <https://cerclair.ch/empfehlungen>

CLRTAP 2017: Mapping critical loads for ecosystems, Chapter V of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 2017

EA-4/02 M 2013: Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration (Ermittlung der Messunsicherheit bei Kalibrierungen), European co-operation for Accreditation, 2013

Empfehlungen über die Immissionsmessung von Luftfremdstoffen vom 15. Januar 1990, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern

Empfehlungen über die Immissionsmessung von Luftfremdstoffen vom 1. Januar 2004, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern

GLPV 2012: Verordnung über die Gute Laborpraxis vom 18. Mai 2005, SR 813.112.1, 2012

Guide to the demonstration of the equivalence of ambient air monitoring methods, GDE, 2010, <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/equivalence.pdf>

JCGM 100: Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement, 2008

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

Müller und Hüglin, Evaluation von Methoden zur Korrektur von kontinuierlichen Feinstaubmesswerten (PM10) im NABEL, Projektbericht Empa, 2014

SN EN 12341:2014: Aussenluft – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM10- oder PM2,5-Massenkonzentration des Schwebstaubes, 2014

- 
- SN EN 13528-1:2002: Aussenluftqualität: Passivsammler zur Bestimmung der Konzentration von Gasen und Dämpfen; Anforderungen und Prüfverfahren – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, 2002
- SN EN 13528-2:2002: Aussenluftqualität: Passivsammler zur Bestimmung der Konzentration von Gasen und Dämpfen; Anforderungen und Prüfverfahren – Teil 2: Spezifische Anforderungen und Prüfverfahren, 2002
- SN EN 14211:2012: Aussenluft – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz, 2012
- SN EN 14212:2012: Aussenluft – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid mit Ultraviolett-Fluoreszenz, 2012
- SN EN 14625:2012: Aussenluft – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon mit Ultraviolett-Photometrie, 2012
- SN EN 14626:2012: Aussenluft – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid mit nicht-dispersiver Infrarot-Photometrie, 2012
- SN EN 14662-1:2005: Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 1: Probenahme mit einer Pumpe mit anschliessender Thermodesorption und Gaschromatographie – Luftbeschaffenheit, 2005
- SN EN 14662-2:2005: Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 2: Probenahme mit einer Pumpe mit anschliessender Lösemitteldesorption und Gaschromatographie – Luftbeschaffenheit, 2005
- SN EN 14662-3:2016: Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 3: Automatische Probenahme mit einer Pumpe mit gaschromatographischer In-situ-Bestimmung – Aussenluft, 2016
- SN EN 14662-4:2005: Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 4: Diffusionsprobenahme mit anschliessender Thermodesorption und Gaschromatographie – Luftbeschaffenheit, 2005
- SN EN 14662-5:2005: Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 5: Diffusionsprobenahme mit anschliessender Lösemitteldesorption und Gaschromatographie – Luftbeschaffenheit, 2005
- SN EN 15549:2008: Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Benzo[a]pyren in Luft – Luftbeschaffenheit, 2008
- SN EN 16450:2017: Aussenluft – Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM10; PM2,5), 2017
- SN EN 16909:2017: Aussenluft-Messung von auf Filtern gesammeltem elementarem Kohlenstoff (EC) und organisch gebundenem Kohlenstoff (OC), 2017
- SN EN 16913:2017: Messverfahren zur Bestimmung von  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  in PM2.5 wie auf Filtern abgetrennt – Aussenluft, 2017
- SN EN 17346:2020: Aussenluftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ammoniak mit Passivsammlern, 2019
- SN EN ISO/IEC 17025:2018: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien, 2018
- SN EN ISO 20988:2007: Air quality -- Guidelines for estimating measurement uncertainty, 2007
- SN EN ISO 80000-1:2013: Grössen und Einheiten – Teil 1: Allgemeines, 2013
- SN EN ISO 80000-9:2020: Grössen und Einheiten – Teil 9: Physikalische Chemie und Molekularphysik, 2020



---

USG, Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983, SR 814.01

VDI 4320 Blatt 2: Messung atmosphärischer Depositionen – Bestimmung des Staubniederschlags nach der Bergerhoff-Methode, 2012

VIM3: International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM 3<sup>rd</sup> edition), JCGM, 2012

# Anhang 1 Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung

(gemäss Anhang 7 LRV) und signifikante Stellen der erhobenen Messgrössen im Bereich der Grenzwerte

Schadstoff	Immissionsgrenzwert	Statistische Definition	Signifikante Nachkommastellen der erhobenen Messgrösse
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	30 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	1
	100 µg/m <sup>3</sup>	95 % der ½-h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m <sup>3</sup>	1
	100 µg/m <sup>3</sup>	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden	1
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	30 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	1
	100 µg/m <sup>3</sup>	95 % der ½-h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m <sup>3</sup>	1
	80 µg/m <sup>3</sup>	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden	1
Kohlenmonoxid (CO)	8 mg/m <sup>3</sup>	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden	2
Ozon (O <sub>3</sub> )	100 µg/m <sup>3</sup>	98 % der ½-h-Mittelwerte eines Monats ≤ 100 µg/m <sup>3</sup>	1
	120 µg/m <sup>3</sup>	1-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden	1
Schwebstaub (PM10)	20 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	1
	50 µg/m <sup>3</sup>	24-h-Mittelwerte; darf höchstens dreimal pro Jahr überschritten werden	1
Schwebstaub (PM2.5)	10 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	1
Blei (Pb) im Schwebstaub (PM10)	500 ng/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	0
Cadmium (Cd) im Schwebstaub (PM10)	1,5 ng/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	2
Staubniederschlag insgesamt	200 mg/(m <sup>2</sup> *Tag)	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	0
Blei (Pb) im Staubniederschlag	100 µg/(m <sup>2</sup> *Tag)	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	0
Cadmium (Cd) im Staubniederschlag	2 µg/(m <sup>2</sup> *Tag)	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	1
Zink (Zn) im Staubniederschlag	400 µg/(m <sup>2</sup> *Tag)	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	0
Thallium (Tl) im Staubniederschlag	2 µg/(m <sup>2</sup> *Tag)	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	1

---

*Beispiel:*

Ozon 1-h-Mittelwert = 120,07  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  entspricht 120,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3 > \text{IGW}$

Ozon 1-h-Mittelwert = 120,04  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  entspricht 120,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3 \leq \text{IGW}$

Die Rundung sollte nach Möglichkeit mathematisch gemäss SN EN ISO 80000-1:2013, Annex B erfolgen. Dies heisst, 1 bis 4 werden abgerundet, 5 wird bei gerader Vorziffer abgerundet und bei ungerader Vorziffer aufgerundet, 6 bis 9 werden aufgerundet. Die Rundung sollte grundsätzlich nur einmal und als letzter Schritt einer Berechnung erfolgen. Ersatzweise kann kaufmännisch gerundet werden.

---

## Anhang 2 Referenzierung PM10, PM2.5

Kontinuierlich gemessene PM10- und PM2.5-Tageswerte weisen typischerweise gegenüber gravimetrisch bestimmten Tageswerten systematische Differenzen auf. Diese sind auf die unterschiedlichen Messverfahren zurückzuführen und können für viele kontinuierliche Messgeräte (AMS) durch Vergleichsmessungen mit dem gravimetrischen Messverfahren bestimmt und korrigiert werden. Entsprechende Vergleichsmessungen müssen aus mindestens 40 Datenpaaren bestehen, und über alle Jahreszeiten verteilt sein. Die Korrektur der Messwerte von AMS erfolgt durch Umrechnung mit den Parametern einer gerechneten linearen Beziehung zwischen AMS und gravimetrischem Referenzverfahren. Ist die Messunsicherheit der so korrigierten Messwerte von AMS ausreichend klein, dann können die korrigierten Messwerte der AMS gegenüber dem Referenzverfahren als gleichwertig betrachtet werden. Die formalen Anforderungen an den Gleichwertigkeitsnachweis finden sich in SN EN 16450:2017, die Kriterien für die Messunsicherheit finden sich in Ziffer 7.4.

Es ist nicht ausreichend, die Gleichwertigkeit der Messwerte von AMS durch einmalige Vergleichsmessungen nachzuweisen (SN EN 16450:2017). AMS im Messnetzeinsatz müssen regelmässig überprüft werden, da sich die Beziehung zwischen AMS und gravimetrischem Referenzverfahren zeitlich ändern kann. In der Norm SN EN 16450:2017 werden daher für AMS im Messnetzeinsatz Mindestanforderungen für regelmässige Wiederholungen von Vergleichsmessungen mit der gravimetrischen Referenzmethode vorgeschrieben (laufende Qualitätssicherung). Durch regelmässige Bestimmung und Anwendung von aktuellen Korrekturparametern kann eine dauerhafte Gleichwertigkeit der Messwerte von AMS gegenüber der gravimetrischen Referenzmethode sichergestellt werden. In SN EN 16450:2017 sind allerdings keine genauen Vorgaben zur Korrektur der kontinuierlichen PM10- und PM2.5-Messwerte enthalten. Ein geeignetes Korrekturverfahren kann vom Messnetzbetreiber gewählt werden.

Wichtig ist zu bemerken, dass diese Datenkorrekturen systematische Differenzen der beiden Messmethoden korrigiert. Dies bedeutet, dass die korrigierten Messwerte **im Mittel** (insbesondere Jahresmittelwerte) mit denen der gravimetrischen Referenzmethode gleichwertig sein sollten. Bei einzelnen Tagesmittelwerten sind dagegen weiterhin grössere Abweichungen möglich. Diese sind auf die unterschiedlichen Messmethoden von kontinuierlichen Messgeräten und gravimetrischer Referenzmethode zurückzuführen. Verschiedene Messmethoden reagieren unterschiedlich auf die variierenden chemischen und physikalischen Eigenschaften des Feinstaubes.

Als Strategie für die laufende Qualitätskontrolle im Messnetzbetrieb werden für jedes eingesetzte kontinuierliche PM10- bzw. PM2.5-Messgerät durchgehende, stichprobenweise Messungen mit der gravimetrischen Referenzmethode empfohlen. Zum Beispiel führen gravimetrische PM10- oder PM2.5-Tagesproben von jedem vierten Tag zu ungefähr 90 Datenpaaren pro Jahr, welche für die Berechnung von Korrekturparametern eingesetzt werden können.

## Beispiele von Referenzierungsverfahren

### Beispiel 1: Jahresreferenzierung

Alternativ kann eine Referenzierung über ein Kalenderjahr gemacht werden. Dazu wird eine einfache lineare Regression mit den Daten innerhalb eines Kalenderjahres gerechnet ( $a$  und  $b$ , Achsenabschnitt und Steigung). D. h., für jeden Tag des Kalenderjahres werden dieselben Korrekturparameter ( $a$  und  $b$ , Achsenabschnitt und Steigung) verwendet, um die kontinuierlichen Messwerte des entsprechenden Tages mit der höchsten zeitlichen Auflösung zu referenzieren (10 Minutenwerte oder 30 Minutenwerte), d. h.:

$$PM_{korr}(t) = \frac{PM_{kont}(t) - a}{b}$$

Dabei bedeuten  $PM_{kont}$  die nicht korrigierten Messwerte der kontinuierlichen Messgeräte und  $PM_{korr}$  die korrigierten Messwerte. Gibt es während des Kalenderjahres Sprünge in der kontinuierlichen Messreihe des AMS, z. B. durch Wechsel der AMS, ist die Referenzierung für die Perioden separat zu bestimmen und anzuwenden.

### Beispiel 2: gleitendes Mittel

Basierend auf ungefähr 90, regelmässig über das Jahr verteilte, Vergleichsmessungen wurden von Müller und Hüglin (2014) unterschiedliche Methoden zur Referenzierung von kontinuierlichen PM10-Messwerten evaluiert (auch für PM2.5-Messungen anwendbar). Als sehr gut geeignetes, und im Nationalen Messnetz für Luftfremdstoffe (NABEL) angewendetes, Referenzierungsverfahren hat sich eine Methode erwiesen, die auf einem gleitenden Fenster basiert und somit eine zeitlich lokale Referenzierung darstellt. Dazu wird eine einfache lineare Regression mit den Daten innerhalb einer Fensterbreite von 61 Tagen gerechnet.

D. h., für jeden Tag  $i$  werden die Korrekturparameter für diesen Tag ( $a_i$  und  $b_i$ , Achsenabschnitt und Steigung) wie folgt berechnet:

$$PM_{kont}(t_n) = a_i + b_i \times PM_{grav}(t_n)$$

$PM_{kont}(t_n)$  und  $PM_{grav}(t_n)$  sind die verfügbaren kontinuierlichen und gravimetrischen Tagesmittelwerte in einem symmetrisch um den Tag  $i$  liegenden Zeitraum von 61 Tagen, d. h.  $n = i-30, i-29, \dots, i-1, i, i+1, \dots, i+29, i+30$ . Die Korrekturparameter  $a_i$  und  $b_i$  werden schliesslich für die kontinuierlichen Messwerte des entsprechenden Tages mit der höchsten zeitlichen Auflösung angewendet (10 Minutenwerte oder 30 Minutenwerte), d. h.

$$PM_{korr}(t_i) = \frac{PM_{kont}(t_i) - a_i}{b_i}$$

---

# Anhang 3 Publikation der Messergebnisse in den Medien

Die Veröffentlichung von Luftschadstoff Messwerten im Internet und in Tageszeitungen, wie auch deren Vergleich mit Grenzwerten soll möglichst einheitlich geschehen. Es ist insbesondere darauf zu achten, dass nicht nur die Akutbelastung ausgewiesen und bewertet wird. Ein umfassendes Bild der Belastung der Luft mit Schadstoffen ergibt sich erst dann, wenn bei jeder Publikation sowohl eine Angabe zur Kurzzeit- wie auch zur Langzeitbelastung vorliegt. Zur Beurteilung dieser Belastungswerte sind immer die IGW der LRV gemäss Anhang 1 herbeizuziehen.

Die Datenaufbereitung hat in diesem Zusammenhang verschiedene Punkte zu berücksichtigen:

1. Zur **Charakterisierung der Kurzzeitbelastung** (Akutbelastung) der Atemluft durch Luftschadstoffe sind die Tagesmittelwerte (für SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, Schwebestaub PM<sub>10</sub>) bzw. der maximale Stundenwert eines Tages (für O<sub>3</sub>) zu verwenden. Damit den Medien möglichst aktuelle Messwerte übermittelt werden können, darf abweichend von Ziffer 4.6.1 der Messempfehlungen der Tagesmittelwert über den Zeitraum von z. B. 16.00 – 16.00 Uhr (aktuelle Tageszeit (Sommerzeit oder Winterzeit)) gemittelt werden. Werden Daten alle Stunden publiziert, kann ein gleitender 24-h-Mittelwert ermittelt werden.
2. Für die **Beurteilung der Kurzzeitbelastung** sind ausschliesslich die entsprechenden IGW der LRV heranzuziehen, da diese den Kriterien des USG genügen, wonach Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume gegen schädliche oder lästige Einwirkungen zu schützen sind und die Fruchtbarkeit des Bodens zu erhalten ist. So sollen nicht Stundenmittelwerte mit Jahresgrenzwerten verglichen werden. Aus dem erklärenden Text soll zudem hervorgehen, dass die Kurzzeitgrenzwerte höchstens einmal (O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO) bzw. dreimal (PM<sub>10</sub>) pro Jahr überschritten werden dürfen.
3. Zur **Charakterisierung der Langzeitbelastung** (chronische Belastung) der Atemluft durch Luftschadstoffe sind die Jahresmittelwerte (für SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, Schwebestaub PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub>, Blei und Cadmium im Schwebestaub PM<sub>10</sub>) sowie die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen (O<sub>3</sub>: Stundenmittel; PM<sub>10</sub>/NO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>: Tagesmittel) zu verwenden. Bei einer täglichen Publikation von Messwerten ist der aktuellste Mittelwert der dem Publikationsdatum vorausgehenden Zeitraum von 365 Tagen anzugeben (gleitendes Jahresmittel).
4. Für die **Beurteilung der Langzeitbelastung** sind die Jahresmittel-Grenzwerte der LRV heranzuziehen.
5. Die Veröffentlichung von Tagesmittelwerten ist, wenn immer möglich, mit der Veröffentlichung von **gleitenden Jahresmittelwerten** der betreffenden Station (berechnet gemäss Punkt 3) zu verbinden. Obwohl der gleitende Jahresmittelwert von Tag zu Tag nur wenig ändert, kann auf seine Angabe für die Beurteilung der Luftqualität nicht verzichtet werden, da allein der Jahresmittelwert ein Mass für die chronische Belastung gibt.
6. Die Publikationen von **Wochen- oder Monatszusammenfassungen** der Luftschadstoffbelastung sind nach analogen Kriterien aufzubauen.
7. **Automatisch und in naher Echtzeit publizierte Messwerte** (z. B. Internetpublikation) sollen automatisiert auf die Plausibilität geprüft werden (z. B. Ober- und Untergrenzen), provisorisch korrigiert und als provisorisch gekennzeichnet werden.

---

# Anhang 4 Standortklassifikation

In Anlehnung an die EU (Entscheidung 97/101/EG des Rates sowie Entscheidung 2001/752/EG der Kommission) werden folgende Kriterien für die Klassifikation der Stationen empfohlen:

## 1 Umgebung der Station<sup>2</sup>

**Städtisches Gebiet (Urban):** durchgängig bebautes Gebiet, hohe Siedlungsdichte im überbauten Gebiet (> 1500 Einwohner/km<sup>2</sup> **und** Gesamteinwohnerzahl > 50 000). Diese Kategorie umfasst die grössten Städte.

**Kleinstädtisches oder vorstädtisches Gebiet (Suburban):** überwiegend bebautes Gebiet (> 300 Einwohner/km<sup>2</sup> im überbauten Gebiet **und** Gesamteinwohnerzahl > 5000). Diese Kategorie umfasst mittlere und kleinere Einzelstädte oder Randgebiete der grössten Städte.

**Ländliches Gebiet (Rural):** alle übrigen Gebiete, d. h. Gebiete mit geringer Siedlungsdichte (< 300 Einwohner/km<sup>2</sup>) **oder** kleinere Ortschaften (< 5000 Einwohner).

## 2 Haupt-Emissionsquellen

**Verkehr (Traffic):** Die Station befindet sich in einem maximalen Abstand zur Verkehrsachse gemäss Tabelle 4.

**Industrie (Industry):** dominierende Emissionen aus industriellen Prozessen und/oder Heizkraftwerken.

**Hintergrund (Background):** keine dominierende Emissionsquelle; zusätzliche Unterkategorien in ländlicher Umgebung.

## 3 Unterkategorien der ländlichen Hintergrund-Stationen

**stadtnah (rural – near city):** näher als 10 km vom Stadtrand **und** weniger als 200 m Höhendifferenz.

**regional (rural – regional):** 10 – 50 km von bedeutenden Emissionsquellen entfernt **oder** mehr als 200 m Höhendifferenz.

**abgelegen (rural – remote):** mehr als 50 km von grossen Emittenten **oder** Quellgebieten entfernt **oder** mehr als 1000 m Höhendifferenz.

<sup>2</sup> Die Einteilung in Gebiete mit hoher, mittlerer und niedriger Bevölkerungsdichte basiert auf der DEGURBA-Methodik (Verstädterungsgrad) der Europäischen Union und der OECD (EU 2014), einer Methode, die auf der Auswertung des Bevölkerungsrasters basiert. Die jüngste Bewertung (Referenzjahr 2015) wurde vom Joint Research Centre der Europäischen Kommission durchgeführt und zeigt folgende städtische Gebiete für die Schweiz: Basel, Bern, Biel, Freiburg, Genf, Lausanne, Lugano, Luzern, Montreux, Olten, St.Gallen, Thun, Wettingen, Winterthur, Zug und Zürich (<https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/cl.php?c=43>).  
EU 2014: A harmonized definition of cities and rural areas: the new degree of urbanization, European Commission 2014.

## 4 Übersicht

Die Standortklassifikation gemäss den Kriterien «Umgebung der Station» und «Haupt-Emissionsquellen» ergibt somit die nachfolgende Übersicht.

**Tabelle 3**  
**Matrix der Standortklassifikationen**

	Verkehr, Traffic (T)	Industrie, Industry (I)	Hintergrund, Background (B)	
<b>Städtisch, Urban (U)</b>	U_T	U_I	U_B	
<b>Vorstädtisch, Suburban (S)</b>	S_T	S_I	S_B	
<b>Ländlich, Rural (R)</b>	R_T	R_I	Stadtnah	R_B_c
			Regional	R_B_r
			Abgelegen	R_B_m

## 5 Zusätzliche Informationen zur Station

### 5.1 Verkehrsbelastung

Die Verkehrsbelastung von Verkehrsstandorten (gemessen am durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV)) und der maximale Abstand zur Strasse (Strassenrand) werden zusätzlich in folgende Klassen eingeteilt:

**Tabelle 4**  
**Klassierung der Verkehrsbelastung**

	Verkehrsbelastung	DTV	max. Abstand
<b>A</b>	sehr gering	< 3000	10 m
<b>B</b>	Gering	3001 – 10 000	20 m
<b>C</b>	Mittel	10 001 – 20 000	30 m
<b>D</b>	Hoch	20 001 – 50 000	50 m
<b>E</b>	sehr hoch	> 50 000	100 m

Die Verkehrsbelastung bei Verkehrsstationen soll periodisch erhoben oder beschafft werden.



## 5.2 Beschreibung der lokalen Ausbreitungssituation

**Strassenschlucht:** beidseitig geschlossene Bebauung

**einseitig offen:** einseitig geschlossen bebaut oder mit Bebauungslücken

**offen:** keine Gebäude in unmittelbarer Nähe (20 m)

**erhöht:** Hang- oder Hügellage

## 6 Beispiele

Tabelle 5

Beispielmatrix der Standortklassifikationen mit NABEL- und ausgewählten kantonalen Stationen

	Verkehr	Industrie	Hintergrund
<b>städtisch</b>	Bern-Bollwerk Lausanne		Zürich-Kaserne Lugano-Universität
<b>vorstädtisch</b>	Muttenz Hardwald Bulle	Bodio	Basel-Binningen Dübendorf
<b>ländlich</b>	Härkingen-A1 Sion-Aéroport-A9	Massongex	<i>stadtnah</i> Avully-Passeiry  <i>regional</i> Payerne, Tänikon, Beromünster, Rigi-Seebodenalp, Chaumont, Magadino  <i>abgelegen</i> Davos, Jungfraujoch