

**Cercle**  
**Air**

---

Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute  
Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air  
Società svizzera dei responsabili della protezione dell'aria  
Swiss society of air protection officers

# **Qualitätssicherung von Immissionsmessungen für Gase und Partikel in der Schweiz**

**Empfehlung Nr. 13**  
Zweite Ausgabe vom 21.12. 2011



## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Zielsetzung dieser Empfehlung.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Glossar (französisch, englisch).....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Das Qualitätssicherungskonzept .....</b>	<b>5</b>
4.1	Messnetzinterne qualitätssichernde Massnahmen.....	5
4.2	Dokumentation .....	6
4.3	Rückverfolgbarkeit auf nationale oder internationale Normale.....	8
4.4	Information und Ausbildung der Messnetzbetreiber.....	9
4.5	Ringkontrolle mit Reisenormalen .....	10
4.6	Messvergleiche .....	10
<b>5</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Abkürzungen.....</b>	<b>14</b>



## 1 Einleitung

Seit 1988 wurden von den Messnetzbetreibern (Bund, Kantone, Gemeinden und Firmen) neben verfahrensbezogenen Qualitätssmassnahmen periodisch auch Messvergleiche und Ringkontrollen durchgeführt. Eine Grundlage dazu ist die Cercl'Air Empfehlung Nr. 13. Diese wurde erstmals im Jahre 1994 herausgegeben und wird durch die vorliegende, überarbeitete 2. Ausgabe ersetzt.

Seit 1994 haben sich die Messnetze durch verschiedene Rahmenbedingungen verändert. So konnte die Messdichte bei Schadstoffen wie Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid stark reduziert werden. Im Gegenzug musste aber die Immissionsmessung von Feinstaub aufgebaut werden.

Auch bei den Anbietern für die Durchführung von Ringkontrollen oder Messvergleichen gab es starke Veränderungen, sodass es heute schwierig ist einen geeigneten Anbieter für solche Dienstleistungen zu finden.

Hinweise:

Im vorliegenden Dokument wird nicht zwischen Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle unterschieden, sondern generell der Begriff *Qualitätssicherung* verwendet<sup>1</sup>.

Auf folgende Punkte wird in dieser Empfehlung nicht eingegangen und es wird auf entsprechende Literatur verwiesen:

- NO<sub>2</sub> Passivsammler: Die Qualitätskontrolle erfolgt in der Regel auf Fachstellenebene durch Vergleichsmessungen zwischen Passivsampler und Referenzmethode [1], [2], [3], [4], [5].
- Meteorologische Messgrößen nach WMO [7]
- Datenbereinigung (Kap. 5 in [8])
- DOAS: Fernmessverfahren - Messungen in der bodennahen Atmosphäre [9]

---

<sup>1</sup> Bei Immissionsmessungen wird typischerweise zwischen Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle unterschieden. Als Qualitätssicherung wird die generelle Handhabung des Prozesses zur Gewinnung von Daten bezeichnet. Die Qualitätskontrolle befasst sich hingegen mit der Plausibilisierung und Bereinigung von Messdaten nach der Messdatenerhebung. Folglich bezieht sich Qualitätssicherung generell auf den Messprozess, während sich Qualitätskontrolle vorwiegend auf die Herausgabe und/oder Weitergabe von Daten bezieht.

## 2 Zielsetzung dieser Empfehlung

Das vorliegende Qualitätssicherungskonzept des Cercl'Air ist eine Ergänzung zu der Empfehlung „Immissionsmessung von Luftfremdstoffen“ [8]. Es soll die Messnetztreiber bei der Umsetzung der Immissionsmessempfehlung unterstützen, um auch zukünftig und langfristig den Aufgaben und Qualitätsanforderungen der Immissionsmessungen gerecht zu werden.

### 3 Glossar (deutsch- französisch- englisch)

**Bezugsnormal (étauon de référence/reference measurement standard) [10]**

Normal, im Allgemeinen von der höchsten verfügbaren Genauigkeit an einem betrachteten Ort oder bei einer Organisation, von dem dort Messungen abgeleitet werden.

**Gebrauchsnormal (étauon de travail/working standard) [10]**

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

**Gleichwertige Messverfahren (procédé de mesure équivalent/equivalent measurement procedure) [8]**

Verfahren sind gleichwertig, wenn sie unter definierten Bedingungen Messergebnisse erzielen, die innerhalb eines vorgegebenen Wertebereiches liegen.

**Kalibrierung (étalonnage/calibration) [10]**

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 festgelegten Werten einer Messgrösse unter vorgegebenen Bedingungen.

**Massenkonzentration (concentration en masse/mass concentration) [11]**

Quotient aus der Masse einer Substanz und dem Volumen der Mischphase bei Referenzbedingungen. (Einheitenzeichen:  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

**Messergebnis (résultat d'un mesurage/result of a measurement) [10]**

Einer Messgrösse zugeordneter, durch Messung gewonnener Wert. Eine vollständige Angabe des Messergebnisses enthält eine Information über die Messunsicherheit.

**Messunsicherheit (incertitude de mesure/uncertainty of measurement) [10]**

Parameter des Messergebnisses, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die der Messgrösse zugeordnet werden muss.

**Nationales Normal (étauon national/national standard) [10]**

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

**Normal (étauon/standard) [10]**

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

**Primärnormal (étauon primaire/primary standard) [10]**

Normal, das nach allgemeiner Beurteilung die höchsten metrologischen Forderungen erfüllt, mit einem Grössenwert, der unabhängig von denen anderer Normale für diese Grösse akzeptiert ist.

**Referenzverfahren (méthode de référence/reference method) [8]**

Ein von einer anerkannten Fach- oder Normorganisation festgelegtes Messverfahren zur Bestimmung einer Messgrösse.

**Reisenormal (étauon voyageur/travelling standard) [10]**

Normal, manchmal in spezieller Ausführung, das für den Transport zwischen verschiedenen Orten vorgesehen ist.

**Ringkontrolle (campagnes comparatives de contrôle des stations fixes/interlaboratory calibration) [8]**

Kontrolle der im Feld eingesetzten Gebrauchsnormale durch ein einheitliches Normal.

**Rückverfolgbarkeit (traceabilité/traceability) [10]**

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.

**Stoffmengenanteil (fraction de quantité de matière/amount of substance fraction) [11]**

Quotient aus der Stoffmenge einer Substanz und der Gesamtstoffmenge der Mischphase (Einheitenzeichen:  $\text{nmol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

**Volumenkonzentration (concentration en volume/volume concentration) [11]**

Quotient aus dem Volumen einer Substanz und dem Volumen der Mischphase bei Referenzbedingungen (Einheitenzeichen:  $\text{mL} \cdot \text{m}^{-3}$ )

**Wiederholpräzision (répétabilité/repeatability) [8]**

Ausmass der gegenseitigen Annäherung zwischen Ergebnissen aufeinander folgender Messungen derselben Messgrösse, ausgeführt unter denselben Messbedingungen.

**Zertifiziertes Referenzgasgemisch (mélange étalon de gaz certifié/certified reference gas mixture) [11]**

Gasgemisch mit einem Zertifikat, in dem unter Angabe der Unsicherheit und des zugehörigen Vertrauensniveaus die Anteile der Komponenten aufgrund eines Ermittlungsverfahrens zertifiziert sind, mit dem die Rückverfolgbarkeit der Werte auf ein nationales oder internationales Normal erreicht wird. Hersteller von zertifizierten Referenzgasgemischen unterhalten ein Qualitätssicherungssystem, das den Anforderungen von ISO 17025 und ISO Guide 34 gerecht wird.

## 4 Das Qualitätssicherungskonzept

Die DIN EN ISO/IEC 17025:2005-08 "Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien" gibt Anleitungen zur Entwicklung eines Managementsystems für Qualität und technische Abläufe und ist auch für die Qualitätssicherung in der Immissionsmesstechnik sehr informativ.

Elemente der Qualitätssicherung:

- 4.1 Messnetzinterne qualitätssichernde Massnahmen
- 4.2 Dokumentation
- 4.3 Rückverfolgbarkeit auf nationale oder internationale Normale
- 4.4 Information und Ausbildung der Messnetzbetreiber
- 4.5 Ringkontrolle mit Reisenormalen
- 4.6 Messvergleiche

Folgende Institutionen sind an der Qualitätssicherung beteiligt:

- Messnetzorganisationen von Bund, Kantonen und Gemeinden
- Bundesamt für Metrologie METAS
- Cerc'Air Fachgruppen Qualitätssicherung Immissionen und Partikelzählung

### 4.1 Messnetzinterne qualitätssichernde Massnahmen

Die im Rahmen von Messnetzen durchgeführten Immissionsmessungen müssen durch eine Reihe von internen Qualitätssicherungsmassnahmen begleitet werden. Die Umsetzung dieser Massnahmen gewährleistet eine dem Sinn und Zweck der Messungen angepassten Qualität der erhobenen Werte.

Die wichtigsten Elemente interner qualitätssichernder Massnahmen sind:

- 4.1.2 Stationskontrollen
- 4.1.4 Messwertdokumentation

Ergänzende Hinweise finden sich in der Immissionsmessempfehlung [8].

#### 4.1.1 Gerätefunktionskontrollen

Vor dem Einsatz von Neugeräten, von revidierten, reparierten oder modifizierten Geräten sind diese auf ihre Funktionstauglichkeit zu prüfen.

Wichtige Elemente dieser Gerätefunktionskontrollen sind:

- Linearität
- Wiederholpräzision
- Rauschverhalten
- Einfluss von Störkomponenten (Querempfindlichkeiten)
- Messvergleich mit einem Referenzmessgerät oder einem in Betrieb stehenden Messgerät. Probenahme und Messaufbau erfolgen wie im Messbetrieb.

Diese Anforderungen an die Messgeräte sollten, sofern verfügbar, aus Richtlinien übernommen werden [12]. Fehlen diese, dann richten sich die Anforderungen an den Geräteherstellerangaben, oder an eigenen Erfahrungen über Spezifikationen der betreffenden Geräte.

#### **4.1.2 Stationskontrollen**

Stationskontrollen dienen der Überwachung des Messbetriebs und somit der frühzeitigen Erkennung von Problemen.

Dazu gehören:

- Begehungen alle 2 bis 4 Wochen
- Überwachung von Geräteparametern nach Angaben des Herstellers (z.B. Lampenintensitäten, Probenahmeflüsse etc.)
- Regelmässige Funktionskontrolle durch automatische Prüfgasaufgabe
- Periodische Kalibrierungen
- Gerätewartung und –revisionen nach Vorgaben der Hersteller (einschliesslich Kalibrier- und Probenahmesysteme)
- Beobachtungen im Zusammenhang mit dem Umfeld der Messeinrichtung (Änderungen im Verkehrsregime, Bautätigkeiten, etc.)

#### **4.1.3 Messwertverarbeitung**

Die erhobenen Messwerte sind täglich zu plausibilisieren. Möglichkeiten dazu bieten direkte Vergleiche der Daten von Messeinrichtungen einer Region, resp. vergleichbarer Belastungstypen oder auch die Anwendung von Algorithmen zur Erkennung auffälliger Datenfolgen.

Datenkorrekturen erfolgen auf Basis der Dokumentation. Es sind Kriterien zu definieren, nach welchen die Daten korrigiert werden.

#### **4.1.4 Messwertdokumentation**

Sämtliche Kontrolltätigkeiten (z.B. Funktions- und Stationskontrollen) sind als Teil der Dokumentation zu protokollieren und zu archivieren. Diese Dokumentationen sind fester und wesentlicher Bestandteil einer Messreihe.

### **4.2 Dokumentation**

Die Dokumentation soll so gestaltet werden, dass die Rückverfolgbarkeit der (veröffentlichten) Messresultate auf die entsprechenden SI-Grössen nachvollziehbar und sichergestellt sind.

Generell dient eine Dokumentation zur Bereitstellung von Information, die systematisch auffindbar sein soll. Eine vereinheitlichte Dokumentenregelung stellt sicher, dass Qualitätsanforderungen aller relevanten Bereiche abgearbeitet und erstellt worden sind. Diese Qualitätsanforderungen sollen von den betroffenen Mitarbeitenden bis hin zur Stellvertretung erfüllt, bzw. ausgeführt werden können. Es gibt verschiedene Arten von Dokumentation.

Zwei Beispiele:

- Dokumente, die Informationen darüber bereitstellen, wie Tätigkeiten und Prozesse konsistent auszuüben bzw. durchzuführen sind. Solche Dokumente können z.B. Arbeitsanleitungen enthalten.
- Dokumente, die einen objektiven Nachweis über ausgeübte Tätigkeiten oder erreichte Ergebnisse liefern. Solche Dokumente werden allgemein als Aufzeichnungen bezeichnet.

Die Dokumentation beinhaltet:

- 4.2.1 Dokumentenlenkung
- 4.2.2 Messeinrichtungen und Arbeitsabläufe

#### 4.2.3 Protokollierung

#### 4.2.4 Validierung und Charakterisierung von Messverfahren

#### 4.2.5 Messunsicherheit

Weitere Elemente sind Datenerhebung und Messwertverarbeitung, diese werden in diesem Dokument nicht weiter ausgeführt.

### **4.2.1 Dokumentenlenkung**

Für die Herausgabe von erstellten Dokumenten müssen diese geprüft und genehmigt sein. In einer Stammliste soll der aktuelle Überarbeitungsstatus angegeben sein, damit keine ungültigen und/oder gegenstandslos gewordenen Dokumente verwendet werden oder im Umlauf sind. Die Dokumente sollen leicht verfügbar sein und stets auf dem neuesten Stand gehalten werden.

### **4.2.2 Messeinrichtungen und Arbeitsabläufe**

Wichtige Bestandteile der Messeinrichtung wie Messprinzip, Messaufbau, Betrieb der Messeinrichtungen, Kalibriervorschriften, müssen in so genannten Arbeitsanweisungen beschrieben werden. Solche Anweisungen sollen durch eine Standardisierung der Abläufe die Arbeit erleichtern. Sie stellen ein Konzept dar, das sowohl eine regelmässige Prüfmittelüberwachung und jederzeitige Funktionstüchtigkeit der Geräte als auch die Richtigkeit der ermittelten und validierten Messdaten gewährleistet. Die angewandten Methoden und die Verwendung der dabei eingesetzten Mess- und Hilfsmittel müssen von einer Fachperson in allen relevanten Punkten nachvollzogen werden können, wobei ein unnötiger Detaillierungsgrad vermieden werden sollte.

### **4.2.3 Protokollierung**

Der Umfang der Protokollierung ist vorgängig zu definieren. Das heisst, die relevanten Informationen werden festgelegt. Diese können zu einer weitergehenden Interpretation und Plausibilitätsprüfung der Messergebnisse herangezogen werden, unabhängig vom Zeitpunkt der Interpretation und der Person.

Relevante Informationen (vgl. 4.1.4) können sein:

1. Auftragsnummer
2. Angaben des Prüflings
3. Grund der Prüfung
4. Art der Prüfung
5. Datum- und Zeitpunkt der Messung oder des Gerätewechsels
6. Messbedingungen
7. Angaben zu Computerprogrammen
8. Name der ausführenden Person

### **4.2.4 Validierung und Charakterisierung von Messverfahren**

Wenn es notwendig ist, Verfahren anzuwenden, die nicht in normativen Dokumenten festgelegt sind, so muss das entwickelte Verfahren vor der Anwendung angemessen validiert werden. Die Messinstanz muss die erhaltenen Ergebnisse und das für die Validierung verwendete Verfahren aufzeichnen.

Die Validierung eines Messverfahrens beinhaltet u.a. die systematische Erfassung und Charakterisierung aller erkannten Einflussfaktoren, welche einen im Bereich der Messunsicher-

heiten liegenden Einfluss auf die Messgrößen haben. Dies kann nie abschliessend und vollständig erfolgen und es ist oftmals eine Ermessenfrage (Kosten-Nutzen-Analyse), wie weit eine Charakterisierung in der Praxis getrieben wird.

#### **4.2.5 Messunsicherheit**

Ein Messresultat ohne Angabe einer Messunsicherheit ist nicht aussagekräftig. Bei der Aufstellung des Messunsicherheitenbudgets soll nach dem GUM [13], dem Eurachem Guide [14] und der ISO Norm 20988 [15] vorgegangen werden.

Die Messinstanz soll ein Verfahren zur Schätzung der Messunsicherheit für alle Messungen und Kalibrierungen der Messgeräte dokumentieren und anwenden. Es sollen möglichst alle bedeutenden Unsicherheitskomponenten ermittelt und eine vernünftige Schätzung vorgenommen werden. Für die Unsicherheitenanalyse werden zum Beispiel Resultate aus den Messungen, welche für die Charakterisierung des Systems durchgeführt wurden, beigezogen. Alle Komponenten (Typ-A- und Typ-B-Komponenten) werden als Standardunsicherheit und mit Angabe der Verteilungsfunktion in einem Unsicherheitenbudget aufgeführt und zu einer gesamten, für eine typische Messung gültigen kombinierten Standard-UNSicherheit zusammengefasst.

Zu den Quellen, die zur Unsicherheit beitragen, gehören unter anderem die verwendeten Bezugs- und Gebrauchsnormale, das benutzte Messverfahren und die Messeinrichtungen, die Umgebungsbedingungen, Eigenschaften und Zustand der Messgeräte und das Bedienungspersonal.

### **4.3 Rückverfolgbarkeit auf nationale oder internationale Normale**

Das International Vocabulary of Basic and General terms in Metrology (VIM) [10] definiert die metrologische Rückverfolgbarkeit als "die Eigenschaft eines Messergebnisses durch eine dokumentierte und ununterbrochene Kette von Kalibrierungen an ein definiertes Normal bezogen zu sein. Jede Kalibrierung trägt an die Messunsicherheit des Messergebnisses bei."

Die Vergleichbarkeit (Äquivalenz) der Normale, auf nationaler und internationaler Ebene, wird unter anderem mittels Messvergleichen belegt.

Die Messlaboratorien ihrerseits müssen geeignete Normale zur Kalibrierung ihrer Messanordnungen einsetzen und deren Anschluss an nationale oder internationale Normale sicherstellen.

Abbildung 1 zeigt schematisch wie die Rückverfolgbarkeit der Messergebnisse von gasförmigen Luftschadstoffen im Immissionsbereich sichergestellt werden kann. Das Beispiel ist für die PM10 Messung nicht anwendbar [16].

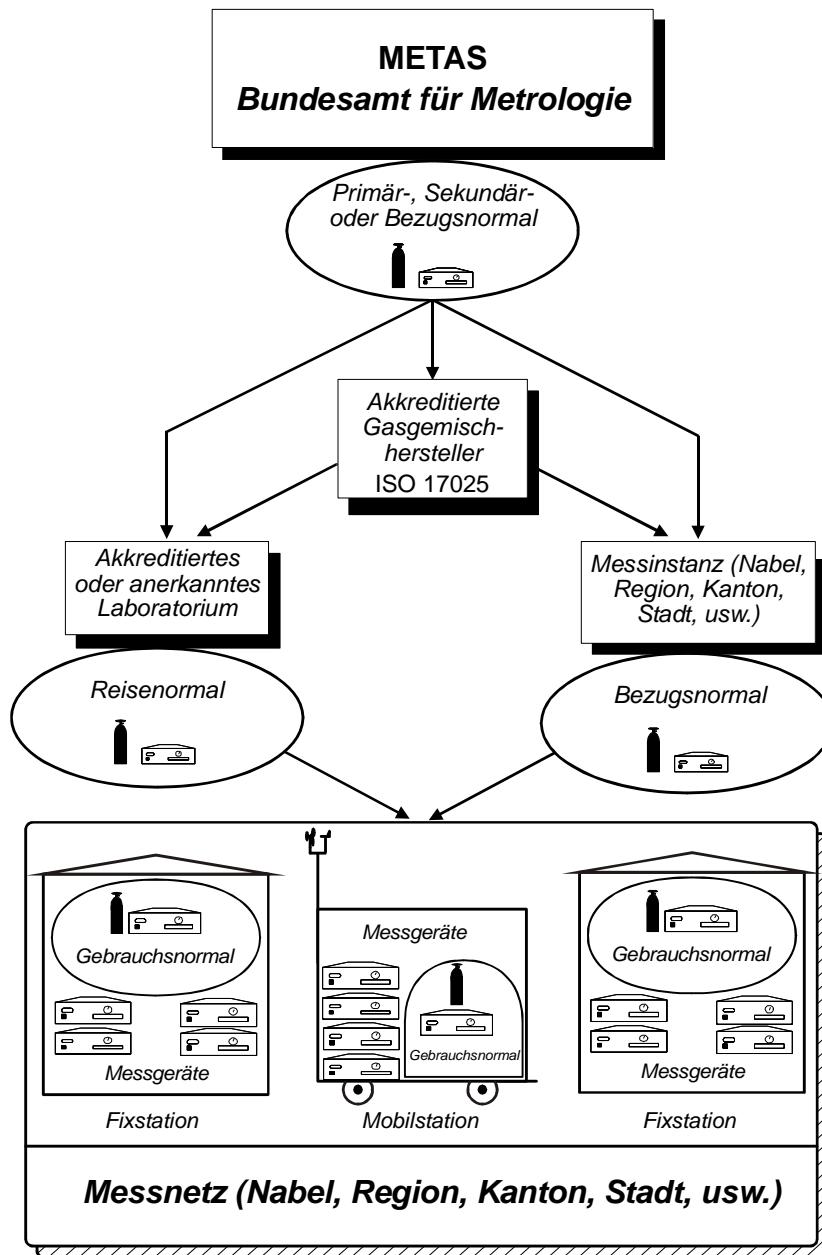


Abbildung 1: Rückverfolgbarkeit der Messergebnisse von gasförmigen Luftschadstoffimmissionen

#### 4.4 Information und Ausbildung der Messnetzbetreiber

Der Austausch von Wissen zwischen den Messnetzbetreibern sowie die interne und externe Schulung der Mitarbeitenden sind für die Qualitätssicherung unerlässlich. Geeignete Strukturen zum regelmässigen Informationsaustausch sind:

- z.B. ERFA Immissionen und GREMMI
- Bulletin des Cercl'Air
- nationale und internationale Kolloquien, Seminare und Kongresse, z.B. Messtechnisches Kolloquium (MTK), VDI Kolloquium oder Veranstaltungen von z.B. Empa, METAS, EU JRC Ispra, Ecole des mines de St.-Etienne, Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS)

## 4.5 Ringkontrolle mit Reisenormalen

Die Arbeitsgruppe Cercl'Air QS Immissionen beauftragt eine private oder öffentliche Messinstanz mit der Durchführung und Organisation einer Ringkontrolle, um für die ganze Schweiz eine einheitliche Praxis zu gewährleisten. Ringkontrollen finden periodisch statt, im Minimum alle 4 Jahre. Es sollte sich jede Messinstanz mit mindestens einer Station an Ringkontrollen beteiligen.

Eine Ringkontrolle beinhaltet die Aufgabe von Gasgemischen (vgl. 4.5.1) und vorzugsweise einen Messvergleich mit Aussenluft (vgl. 4.5.2).

Bei Partikelmessgeräten für die Bestimmung von Massenkonzentrationen (PM10, PM2.5, PM1 oder Inhaltstoffe wie Russ) kann derzeit keine Kalibrierung mit einem auf die Basiseinheit Masse rückverfolgbaren Prüfaerosol durchgeführt werden. Daher werden die entsprechenden Messgeräte durch Messvergleiche mit Aussenluft überprüft (vgl. 4.5.2).

Für Empfehlungen zur Überprüfung sowie zu spezifischen Fragen der Qualitätssicherung von Messgeräten für die Bestimmung von Partikelanzahl und Partikelgrößenverteilung wird auf [17] verwiesen.

### 4.5.1 Aufgabe eines Gasgemisches

Messgeräte von ausgewählten Messstationen der Messnetzbetreiber werden mit Reisenormalen verglichen. Die Messergebnisse erlauben einen Vergleich der im Feld eingesetzten Gebrauchsnormale der verschiedenen Messnetzbetreiber. Die Resultate von Prüfgasaufgaben geben Aufschluss über:

- die systematische Abweichung der Kalibrierkette
- die Güte der internen Qualitätssicherung des jeweiligen Messnetzbetreibers
- die Übereinstimmung der Messergebnisse der teilnehmenden Messnetzbetreiber.

Beim Vergleich mit einem Reisenormal werden Gasgemische auf den Probeneingang der entsprechenden Messgeräte der Messstationen aufgegeben. Es werden Konzentrationen der zu messenden Substanzen eingesetzt, die in der Regel im oberen Bereich der anzutreffenden Luftschadstoffbelastungen liegen. Messabweichungen innerhalb der erweiterten Unsicherheit liegen in der Toleranz für gasförmige Komponenten. Bei grösseren Abweichungen muss die Ursache ermittelt und Fehler behoben werden.

### 4.5.2 Messvergleiche mit Aussenluft

Messgeräte der Messstationen verschiedener Messnetzbetreiber werden auf Grund der Analysenresultate an Realproben (Aussenluft) mit der Messstation, welche für die Ringkontrolle eingesetzt wird, verglichen (vgl. 4.6). Die Resultate geben Aufschluss über:

- Probleme im Bereich der Probenahme
- Spezifische Eigenschaften und Verhalten der diversen Gerätetypen
- die Übereinstimmung der Ergebnisse der Immissionsmessungen der teilnehmenden Messinstanzen

Bei einem Messvergleich werden die Aussenluftproben wenn möglich an derselben Probenahmestelle entnommen.

## 4.6 Messvergleiche

Messvergleiche mit kompletten mobilen Messstationen (so genannte Ringversuche) werden zukünftig in der Schweiz kaum mehr durchgeführt. Für einzelne Komponenten werden bei Bedarf weiterhin Messvergleiche im Sinne einer Überprüfung der Fachkompetenz (prof-

ciency tests [18]) durchgeführt. Solche Messvergleiche sollen Aufschluss über den Stand der Immissionsmessungen unter Realbedingungen bezüglich der Varianz der Messergebnisse geben. Sie dienen der Überprüfung der spezifizierten Messunsicherheit.

Messvergleiche können unterschiedlich organisiert und durchgeführt werden:

- Teilnehmer verschiedener Institutionen führen an einem gemeinsamen Ort Parallelmessungen mit ihren eigenen Messeinrichtungen durch. Diese Messungen erfolgen an Außenluft oder mit einer gemeinsamen Ringleitung.
- Es werden identische Proben gleichzeitig oder nacheinander mehreren Institutionen zur Verfügung gestellt und von diesen mit ihren eigenen Messeinrichtungen analysiert.

## 5 Literatur

- [1] CERCL'AIR, Stickstoffdioxidmessung mit Passivsammlern, Cercl'Air – Empfehlung Nr. 25, 2004  
CERCL'AIR, Mesure du dioxyde d'azote par capteurs à diffusion, Recommandation Cercl'Air No. 25, 2004
- [2] CEN, Aussenluftqualität – Passivsammler zur Bestimmung der Konzentration von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren, Teil 1: Allgemeine Anforderungen, EN 13528-1, 2002  
CEN, Qualité de l'air – Échantillonneurs par diffusion pour la détermination des gaz et des vapeurs –Prescriptions et méthodes d'essai, Partie 1: Prescriptions générales, EN 13528-1, 2002
- [3] CEN, Aussenluftqualität – Passivsammler zur Bestimmung der Konzentration von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren, Teil 2: Spezifische Anforderungen und Prüfverfahren, EN 13528-2, 2002  
CEN, Qualité de l'air – Échantillonneurs par diffusion pour la détermination des gaz et des vapeurs –Prescriptions et méthodes d'essai, Partie 2: Prescriptions spécifiques et méthodes d'essai, EN 13528-2, 2002
- [4] CEN, Aussenluftqualität – Passivsammler zur Bestimmung der Konzentration von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren, Teil 3: Anleitung zur Auswahl, Anwendung und Handhabung, EN 13528-3, 2004  
CEN, Qualité de l'air – Échantillonneurs par diffusion pour la détermination des gaz et des vapeurs –Prescriptions et méthodes d'essai, Partie 3: Guide pour la sélection, l'utilisation et la maintenance, EN 13528-3, 2004
- [5] Echantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote, Référence 4414 Ademe éditions, 2002
- [6] Schweiz. Eidgenossenschaft, Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) vom 7. Oktober 1983, Stand am 1. August 2010, SR 814.01  
Confédération Suisse, Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE) du 7. octobre 1983, état du 1. août 2010, SR 814.01
- [7] WMO, Meteorologische Messgrößen: Guide to meteorological instruments and methods of observation, 7<sup>th</sup> edition, 2008  
[http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/CIMO\\_Guide-7th\\_Edition-2008.html](http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.html)
- [8] BAFU, Immissionsmessung von Luftfremdstoffen - Messempfehlungen, VU-5003-D, 2004  
OFEV, Immissions de polluants atmosphériques - Recommandations pour le mesurage, VU-5003-F, 2004
- [9] VDI-Richtlinie DOAS- Prinzip: VDI 4212 Blatt 1, ICS: 13.040.20. 17.180.01, Ausgabe 2008-03
- [10] JCGM, International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM), 3<sup>rd</sup> edition, 200:2008  
JCGM, Vocabulaire international de métrologie — Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM), 3<sup>ème</sup> édition, 200:2008
- [11] T. Cvitas, Quantities describing compositions of mixtures, Metrologia, 1996, 33, 35-39
- [12] CEN, Luftbeschaffenheit – Definition und Ermittlung von Verfahrenskenngrößen einer automatischen Messeinrichtung, EN ISO 9169, 2006  
CEN, Qualité de l'air – Définition et détermination des caractéristiques de performance d'un système automatique de mesurage, EN ISO 9169, 2006

- [13] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), ISO 1995, ISBN 92-67-10188-9  
DIN, Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen, Deutsche Übersetzung des "GUM", Beuth Verlag 1995.
- [14] Eurachem/CITAC, Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement (QUAM), QUAM:2000.P1  
Eurachem/CITAC, Ermittlung der Messunsicherheit bei analytischen Messungen, (Übersetzung der 2. Auflage der EURACHEM/CITAC-Guide), QUAM:2000.P1
- [15] ISO, Air quality - Guideline for estimating measurement uncertainty, ISO 20988, 2007
- [16] CEN, Luftbeschaffenheit - Ermittlung der PM10-Fraktion von Schwebstaub – Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode, EN 12341, 1999  
CEN, Qualité de l'air – Détermination de la fraction MP10 de matière particulaire en suspension – Méthode de référence et procédure d'essai in situ pour démontrer l'équivalence à la référence de méthode de mesurage, EN 12341, 1999
- [17] CERCL'AIR, Empfehlung für die Messung der Partikelanzahl und Partikelgrößenverteilung, in Arbeit, 2010
- [18] ISO/IEC, Proficiency testing by interlaboratory comparisons, Guide 43-1, 1997

## 6 Abkürzungen

BAFU	Bundesamt für Umwelt (seit 1.1.2006)
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
CAST	Combustion Aerosol Standard - Verbrennungsaerosol Standard
CPC	Condensation Particle Counter - Kondensationspartikelzähler
CEN	Comité Européen de Normalisation (Europäisches Komitee für Normung)
Cercl'Air	Schweizerische Gesellschaft der Lufthygieniker
CO	Kohlenmonoxid
EMEP	Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe
EMPA	Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
EN	Europäische Norm
ERFA Immissionen	Erfahrungsaustausch Immissionen des Cercl'Air
EUROAIRNET	European Air Quality monitoring network
GREMMI	ERFA Immissionen Westschweiz
IGW	Immissionsgrenzwert der Luftreinhalte-Verordnung
ISO	International Organization for Standardization
METAS	Bundesamt für Metrologie
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NO	Stickstoffmonoxid
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
O <sub>3</sub>	Ozon
PM10	Schwebestaub: feindisperse Schwebestoffe mit einem aerodynamischen Durchmesser $\leq 10 \mu\text{m}$
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
USG	Bundesgesetz über den Umweltschutz
VDI	Verein Deutscher Ingenieure