

Qualitätssicherung für automatische Emissionsmesseinrichtungen nach DIN EN 14181

Jochen Kolenda

1.	Qualitätssicherungskonzept nach EN 14181.....	354
2.	Prüfung ordnungsgemäßer Einbau nach EN 14181 und VDI 3950 [7].....	354
3.	Kalibrierung – QAL2.....	355
4.	Funktionsprüfung – AST.....	358
5.	Laufende Qualitätskontrolle – QAL3.....	359
6.	Änderungen der überarbeiteten EN 14181 – Entwurf November 2012.....	360
7.	Ausblick.....	361
8.	Literatur.....	362

Seit der Einführung von kontinuierlich arbeitenden Emissionsmesseinrichtungen hat sich der technische Stand der Messgeräte ständig verbessert. Den infolge immer weiter reduzierter Grenzwerte wachsenden Anforderungen an die Empfindlichkeit und Messgenauigkeit wurde über die Einführung eines umfassenden Qualitätssicherungssystems für automatische Messeinrichtungen in Form der EN 14181: 2004-06 [1] Rechnung getragen. Die geänderten Vorgaben der novellierten EN 14181 [2] schreiben diesen Stand kontinuierlich fort, ohne dass sich daraus grundlegende Änderungen für den Umfang und den Ablauf der zukünftigen Prüf- und Wartungstätigkeiten ergeben.

Die bisher regelmäßig durchgeführten Arbeiten zur QAL2- und AST-Überprüfung der AMS haben gezeigt, dass neben den in den letzten Jahren teilweise deutlich verbesserten Messeinrichtungen selber die richtige Wahl des Einbauortes, die Ausführung der Installation wie auch die Häufigkeit und Qualität der wiederkehrenden Wartungs- und Justierarbeiten einen entscheidenden Einfluss auf die Unsicherheit der Messwerte haben. Für künftige Verbesserungen liegt hier das größte Potenzial.

1. Qualitätssicherungskonzept nach EN 14181

Die gesetzlich vorgeschriebene kontinuierliche Überwachung der Emissionen durch automatische Messeinrichtungen (AMS) muss festgelegten Kriterien für die Unsicherheit der Messwerte genügen. Beschrieben werden die hierfür notwendigen Arbeitsschritte und Verfahren zur Qualitätssicherung der AMS in der Norm EN 14181 – Sept. 2004 und Entwurf November 2012. Zur klaren Verteilung der Aufgaben wird zwischen den folgenden Qualitätssicherungsstufen unterschieden:

- Eignungsprüfung – QAL1, hier nicht näher behandelt,
- Einbaubescheinigung und Kalibrierung (QAL2),
- laufende Überprüfung beim Betrieb (QAL3),
- jährlichen Funktionsprüfung (AST).

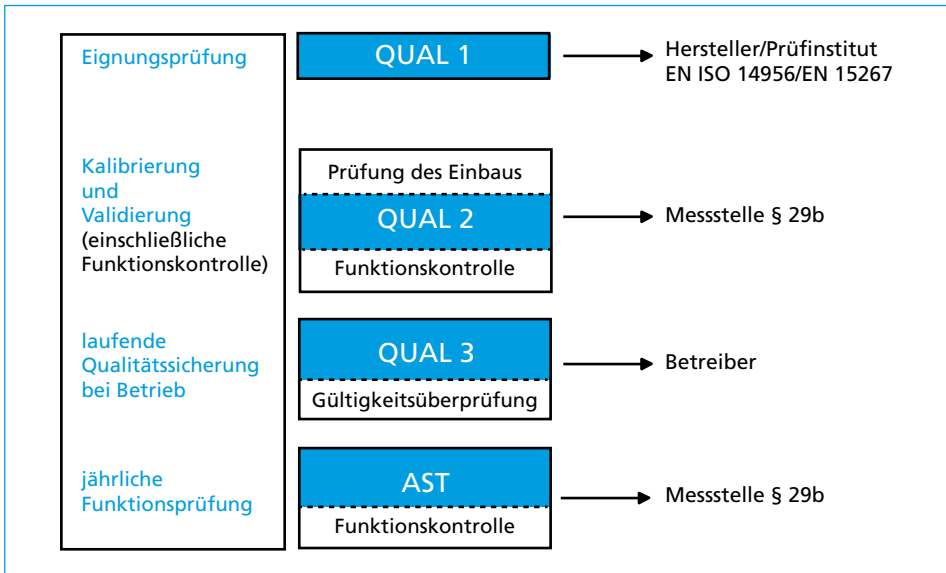


Bild 1: Qualitätssicherung AMS nach EN 14181

2. Prüfung ordnungsgemäßer Einbau nach EN 14181 und VDI 3950 [7]

Als Bestandteil einer erstmaligen QAL2 ist durch eine hierfür zugelassene Messstelle die Begutachtung der Einbausituation vorzunehmen und in einem nach Anhang A der VDI 3950 festgelegten Bericht zu dokumentieren.

Geprüft wird dabei im Wesentlichen:

- Gültigkeit Eignungsbekanntgabe der AMS im Ausführungszustand – inkl. Softwareversion,
- Betriebseinschränkungen aus Eignungsprüfung,

- Einhaltung Ein- und Auslaufstrecken nach EN 15259 [3] im Entnahmequerschnitt,
- Prüfung Homogenität der Abgasbestandteile im Entnahmequerschnitt,
- Umgebungs- und Abgasbedingungen am Aufstellungsort der AMS,
- Beeinflussung der Entnahme durch andere Messeinrichtungen oder die Referenzmessungen,
- Zugänglichkeit und Arbeitssicherheit am Einbauort und an Vergleichsmessstelle,
- korrekte Ausführung der AMS-Installation,
- vollständige Funktionskontrolle der AMS mit Prüfstandards,
- Signalübertragung und –verarbeitung zwischen AMS und Messwertrechner,
- Parametrierung und Prüfung des Datenmodells im Messwertrechners.

Bei der Prüfung des ordnungsgemäßen Einbaus neuer Messeinrichtungen und Auswertesysteme häufig angetroffene Mängel sind:

- abweichende Ausführung der AMS gegenüber Eignungsprüfungszustand,
- Kältebrücken im Probenahmesystem insbesondere bei Hg-AMS älterer Bauart,
- zu geringe Ein-/Auslaufstrecken der Messquerschnitte für AMS und Referenzmessungen,
- unzureichende Zugänglichkeit, Platzverhältnisse und Witterungsschutz an der Messstelle,
- Auslieferung des AMS-Systems ohne Standards zum regelmäßigen Abgleich – Prüfgas,
- fehlender Endabgleich und Anpassung an die Abgasmatrix der AMS bei Inbetriebnahme vor Ort,
- fehlendes Konzept für laufende QAL3 und fehlende Festlegung des Wartungsintervalls,
- fehlende oder unklare Vorgaben für Beginn/Ende der Klassierung im Auswertekonzept,
- Schnittstellenkonzept Leitsystem/Auswerterechner nicht vollständig ausgeführt.

3. Kalibrierung – QAL2

Die installierten AMS und die zugehörigen Bezugsgrößen sind regelmäßig durch eine hierfür bekannt gegebene Stelle zu kalibrieren. Eine vollständige QAL2-Prüfung besteht im Wesentlichen aus folgenden Schritten:

- Prüfung ordnungsgemäßer Einbau,
- Funktionskontrolle mit Prüfstandards – Anhang A/B der EN 14181,
- > 15 gültige Vergleichsmessungen mit SRM, verteilt über > drei Tage,

- Berechnung linearer *Kalibrierfunktion* und Variabilitätsprüfung – Anhang E der EN 14181,
- Ermittlung gültiger Kalibrierbereich – max. Kalibrierwert plus zehn Prozent oder zwanzig Prozent vom Tagesgrenzwert,
- Parametrierung und Prüfung des Auswerte- und EFÜ-Systems,
- Kontrolle der Betreiberunterlagen zur QAL3.

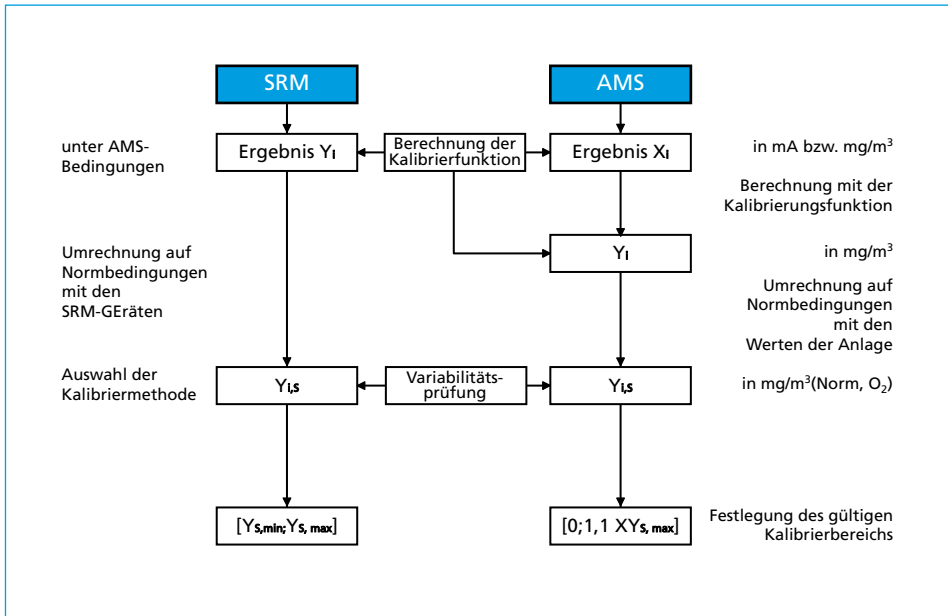


Bild 2: Ablauf von Kalibrierung und Variabilitätsprüfung einer AMS

Tabelle 1: Kenngrößen von Standardreferenzverfahren (SRM) für Anlagen der 17. BImSchV (2003)

Komponente	Methode SRM	Tages- (Jahresgrenzwert)	typische (Einfache) Messunsicherheiten am Tages- (Jahresgrenzwert)
			mg/m^3
Gesamtstaub	EN 13284	10	0,3 bis 1,5
Schwefeloxide	EN 14791	50	2,5 bis 5
Chlorwasserstoff	EN 1911	10	1 bis 2
Fluorwasserstoff	VDI 2470 Blatt 1	1	0,1 bis 0,15
Quecksilber	EN 13211	0,03	0,003 bis 0,006
Stickstoffoxide	EN 14792	200 (100)	6 bis 10 (3 bis 5)
Kohlenmonoxid	EN 15058	50	1 bis 1,5
Gesamtkohlenstoff	EN 12619	10	0,3 bis 1,5

Eine AMS ist u. a. dann für die Messaufgabe geeignet, wenn die bei den Vergleichsmessungen ermittelte Standardabweichung der Datensätze aus normierten SRM-Werten und normierten AMS-Werten die komponentenspezifisch maximal zulässige Messunsicherheit unterschreitet – d.h. die Variabilitätsprüfung besteht. Dabei hängt die maximal zulässige Messunsicherheit vom Grenzwert und vom Konfidenzintervall der Komponente nach Anlage zur 13./17. BImSchV ab. Vor der Klassierung und Grenzwertkontrolle werden die normierten AMS-Messwerte im Auswertesystem durch den Abzug der Standardabweichung validiert.

Tabelle 2: Zulässige und typische Messunsicherheiten von AMS für Anlagen der 17. BImSchV (2003)

Komponente	Konfidenzintervall	Tages/Jahresgrenzwert	zulässige (einfache) Messunsicherheit Tagesgrenzwert QAL2	typische (einfache) Messunsicherheit Tagesgrenzwert Eignungsprüfung
	%		mg/m ³	
Stickstoffoxide	20	200 (100)	19,9 (10,0)	4,8 bis 7,7
Kohlenmonoxid	10	50	2,5	1,4 bis 2,6
Gesamtkohlenstoff	30	10	1,5	1,1 bis 1,5
Gesamtstaub	30	10	1,5	0,4
Schwefeloxide	20	50	5,0	2,0 bis 3,4
Chlorwasserstoff	40	10	2,0	0,4 bis 0,8
Fluorwasserstoff	40	1	0,20	0,15
Quecksilber	40	0,03	0,006	0,0003 bis 0,0016

Die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Unsicherheit der ermittelten Analysenfunktion sind:

- Lage des Messquerschnitts – Ein- und Auslaufstrecken,
- Repräsentativität der Erfassung im Messquerschnitt,
- Umgebungsbedingungen an der Messstelle,
- Begleitstoffe im Abgas – Querempfindlichkeiten,
- Eignung des Messverfahrens für die Messaufgabe,
- Qualität und Wartungszustand der Messeinrichtung,
- Messplanung – Betriebszustände, Messhäufigkeit, Sachkunde,
- relative Messunsicherheit steigen bei kleiner werdenden Konzentrationen.

Bei den QAL2-Prüfungen am häufigsten auftretende Komplikationen sind:

- Minderbefunde von Hg-AMS infolge Abnahme des Wirkungsgrades der Reduktionseinheit und Verluste im Probenahmesystem,

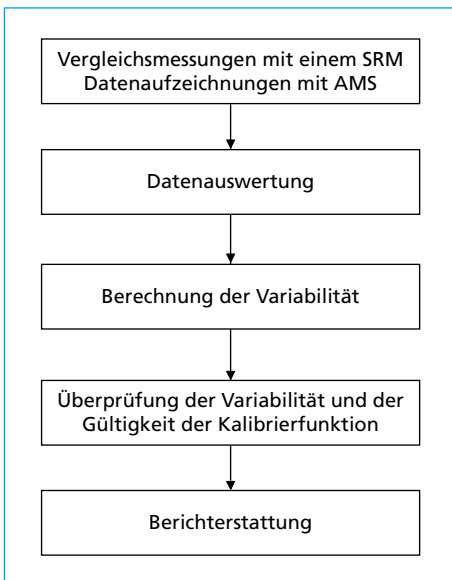
- Triboelektrische Staub-AMS häufig nicht plausibel kalibrierbar – elektrostatische Aufladung, Geschwindigkeitsabhängigkeit des Messsignals, messbare Staubgehalte und Variation der Geschwindigkeit sind Voraussetzung für plausible Analysenfunktion,
- erhöhte Staub- oder Hg-Emissionen *auf Bestellung* bei Vergleichsmessungen häufig problematisch,
- geringer Kalibrierbereich macht vorzeitige Nachkalibrierung erforderlich,
- fehlender regelmäßiger Geräteabgleich mit Hg- oder H₂O-Prüfstandards durch Betreiber/Service,
- unzureichende Prüfungstätigkeiten und Dokumentation zur QAL3,
- keine bundeseinheitliche Handhabung der EFÜ-Übertragung – Modem, Internet.

4. Funktionsprüfung – AST

Die AMS sind durch eine für Kalibrierungen bekannt gegebene Stelle jährlich wiederkehrend auf Funktionsfähigkeit zu prüfen. Ziel der AST ist die Überprüfung der Gültigkeit und Variabilität der Analysenfunktion der letzten Kalibrierung durch Vergleich mit den durch den Gesetzgeber festgelegten maximalen Messunsicherheiten. Zur statistischen Überprüfung der Kalibrierfunktion sind jährlich Vergleichsmessungen mit den in Tabelle 1 aufgeführten Standardreferenzverfahren (SRM) durchzuführen.

Die vollständige AST-Prüfung besteht im Wesentlichen aus folgenden Schritten:

- Funktionskontrolle mit Prüfstandards – Anhang A/B EN 14181,
- > fünf gültige Vergleichsmessungen mit SRM, verteilt über > einen Tag,



- Überprüfung der Gültigkeit und Variabilität der *Kalibrierfunktion* – Anhang G EN 14181,
- Prüfung Signalübertragung und Parametrierung Auswertesystem,
- Kontrolle der Betreiberunterlagen zur QAL3,

Die bei der AST festgestellten Abweichungen sind weitgehend identisch mit denen während einer QAL2. Lediglich die Überprüfung der Gültigkeit der Analysenfunktion ergänzt den Prüfungsumfang bei einer AST. In der Bild 4 ist beispielhaft das Ergebnis einer nicht bestandenen Variabilitäts- und Gültigkeitsprüfung der Analysenfunktion einer NO_x-AMS dargestellt:

Bild 3: Ablauf der Funktionsprüfung einer AMS

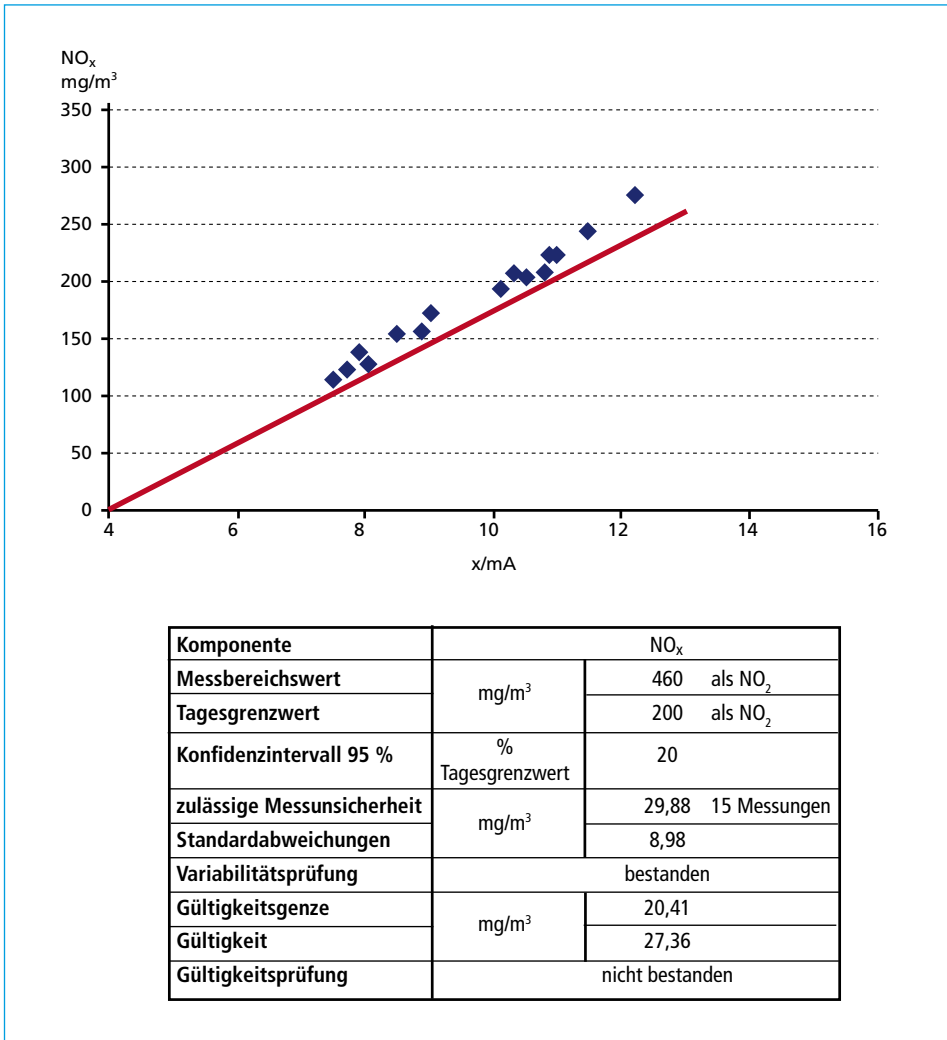


Bild 4: Beispiel der Variabilitäts- und Gültigkeitsprüfung bei der AST einer NO_x-AMS

5. Laufende Qualitätskontrolle – QAL3

Kontinuierliche Messeinrichtungen müssen im laufenden Betrieb regelmäßig geprüft und gewartet werden. Das durch den Betreiber mit der Betreuung der Messeinrichtung beauftragte Fachpersonal muss in die Bedienung der Messeinrichtung eingewiesen und für diese Aufgabe geschult sein.

Eine vollständige QAL3-Prüfung umfasst folgende Arbeiten und Dokumente:

- Kontrollbuch zur Dokumentation sämtlicher Tätigkeiten an den AMS – Lebenslauf,
- Eignungsprüfungen und Konformitätsbescheinigungen des Herstellers,
- Bedienungsanleitung des Herstellers,

- Einbauplan der AMS mit Gasflussschema und Schaltplänen,
- Verfahrensanweisung zur Justierung und Überprüfung der AMS,
- Berichte über alle AST Prüfungen, Kalibrierungen, Wartungen und Eingriffe,
- Dokumentation laufender Null- und Referenzpunkteinstellungen in Regelkarten,
- regelmäßige Überwachung Geräteverfügbarkeit und kalibrierte Bereiche.

Bei der Prüfung der QAL3-Maßnahmen und -Unterlagen am häufigsten angetroffene Mängel sind:

- fehlender regelmäßiger Geräteabgleich mit Prüfstandards durch Betreiber/Service,
- fehlende Dokumentation des regelmäßigen Geräteabgleichs,
- fehlende Eignungsprüfungen und Konformitätsbescheinigungen des Herstellers,
- fehlende Qualifikation des Bedienpersonals beim Betreiber,
- unzureichende Servicepläne für Gerätekontrolle,
- Überschreitung gültiger Kalibrierbereich ohne Reaktion des Betreibers.

6. Änderungen der überarbeiteten EN 14181 – Entwurf November 2012

Auf Grundlage der überarbeiteten EN 14181 werden sich zukünftig einige Änderungen sowohl für die erstmalige Kalibrierung, die Durchführung und Auswertung der wiederkehrenden Kalibrierung als auch für die laufende Überwachung durch den Betreiber ergeben. Die wichtigsten Änderungen sind:

- Bei Neueinbau einer AMS soll für diese eine seit 2008 eingeführte Zertifizierung nach EN 15267-1 bis 3 [4] vorliegen. Ein Austausch von Altgeräten gegen baugleiche Neugeräte ohne Zertifizierung nach EN 15267 wird damit nicht mehr ohne Zustimmung der Überwachungsbehörde zulässig sein.
- Für bestehende, nach älteren Vorschriften eignungsgeprüfte Installationen soll dagegen ein weitgehender Bestandsschutz gewährt werden.
- Die Auslegung der Messstellen für die AMS und die Referenzmessungen muss zukünftig sämtliche Anforderungen nach EN 15259 erfüllen.
- Die AMS für die Bezugsgrößen (Sauerstoff, Wasserdampf) sollen – wie bereits in der VDI 3950 (Dezember 2006) empfohlen und in vielen Fällen schon lange praktiziert – zukünftig auch einer AST und einer QAL2 unterzogen werden.
- Bei wiederkehrenden Kalibrierungen können die Anzahl der Messungen und der Messtage bei Komponenten, für die das Emissionsniveau seit der letzten Kalibrierung sehr niedrig war, auf mindestens fünf Messungen an einem Messtag reduziert werden.
- Die bei den Vergleichsmessungen ermittelten Datensätze sind auf Ausreißer zu prüfen und im Bericht auszuweisen. Die Auswahl der Datensätze, die mit kontinuierlich arbeitenden SRM erzeugt wurden, ist zu begründen.

- Für die Auswertung von Vergleichsmessungen mit Punktwolken am Nullpunkt wurde eine dritte Berechnungsmethode mit der Möglichkeit, Referenzmaterialien am Grenzwert zu berücksichtigen, ergänzt. Für die obere Grenze des gültigen Kalibrierbereichs wird - in Analogie zum bereits in Ziffer 6.5 der VDI 3950 (Dezember 2006) beschriebenen Verfahren - ein zugehöriger Minimalwert festgelegt. Bei der Variabilitätsprüfung dürfen die mit Referenzmaterialien erzeugten Datensätze nicht berücksichtigt werden.
- Bei nicht kontinuierlich betriebenen Verbrennungsanlagen darf die Überwachung des gültigen Kalibrierbereichs auf Basis der letzten 168 Betriebsstunden, die einer Woche Anlagenbetrieb entsprechen, berechnet werden.
- Bei einer Überschreitung des gültigen Kalibrierbereichs durch eine Anlagenstörung ist eine erneute Kalibrierung (QAL2) nach Beseitigung der Anlagenstörung nicht notwendig.

7. Ausblick

Die Qualität der im Rahmen unserer QAL2- und AST-Arbeiten geprüften automatischen Messeinrichtungen hat sich in den letzten Jahren deutlich verbessert. Einen wesentlichen Beitrag dazu lieferte die Einführung und Umsetzung der EN 14181: 2006-09 mit ihrer klaren Strukturierung der Zuständigkeiten. Der heutige Stand der Technik für die Emissionsüberwachung befindet sich zweifellos auf einem sehr hohen Niveau. Durch die geänderten Vorgaben der novellierten EN 14181-Entwurf: 2012-11 wird dieser Stand kontinuierlich fortgeschrieben, ohne dass sich daraus grundlegende Änderungen für den Umfang und den Ablauf der zukünftigen Prüf- und Wartungstätigkeiten ergeben.

Um die ab 2016 bzw. spätestens 2019 nochmals deutlich reduzierten Tages- und Jahresmittelwerte für Staub, NO_x und Quecksilber in der geforderten Qualität sicher überwachen zu können, stehen schon heute geeignete, nach EN 15267 eignungsgeprüfte Messgeräte mit teilweise deutlich verbesserten Messgenauigkeiten bereit. Insbesondere bei den Quecksilbermessgeräten der neusten Generation wurden die Hg (0)-Konverter-/Wandlungsstufen zur quantitativen Erfassung sämtlicher Quecksilberfraktionen in den letzten Jahren stark verbessert.

Weiteres Verbesserungspotential ergibt sich hingegen in vielen Fällen bei der Auslegung der Einbauorte für die AMS wie auch für die Referenzmessplätze. Wie sich aus unseren Erfahrungen und aus den Unsicherheitsbetrachtungen bei den Vergleichsmessungen zweifelsfrei ableiten lässt, haben die Homogenität der Abgaszusammensetzung und die äußeren Rahmenbedingungen am Messplatz einen entscheidenden Einfluss auf die erzielbare Messgenauigkeit. Diesem Aspekt wird in Zukunft durch die vermehrte messtechnische Überwachung der CO_2 -Emissionsfrachten auf Grundlage der neu verabschiedeten DIN EN ISO 16911 Teil 1 und 2 [5] [6] für die Volumenstrombestimmung unter erhöhten Genauigkeitsanforderungen von bis zu 2,5 Prozent Gesamtunsicherheit mehr Bedeutung zukommen. Und auch ohne weitere Anstrengungen bei dem regelmäßigen Abgleich und der regelmäßigen Wartung der Messeinrichtungen wird eine Verbesserung der erzielbaren Messgenauigkeit zukünftig kaum möglich sein.

Aus unserer Erfahrung bei der Überwachung als unabhängige Messstelle nach § 29b empfehlen wir deshalb zusammenfassend, vor der Installation und ihrem Betrieb von AMS folgende Punkte zu beachten:

- bereits in der Planungsphase Einbindung erfahrener, fachkundiger Unabhängiger,
- Hinweise zu Einschränkungen aus Eignungsprüfung beachten,
- vor einer Kaufentscheidung Referenzen von vergleichbaren Installationen einholen,
- Bereitstellung von Standards und Personal für QAL3-Konzept vor Kaufentscheidung klären,
- auf Übereinstimmung der Geräteausführung mit eignungsgeprüftem Zustand achten,
- auf Vollständigkeit vom Hersteller mitgelieferter Dokumentation achten,
- die Ausführung der Messplätze beeinflusst wesentlich die Messunsicherheit von AMS und SRM.

8. Literatur

- [1] DIN EN 14181:2004-06, Emissionen aus stationären Quellen — Qualitätssicherung für automatische Messeinrichtungen
- [2] DIN EN 14181-Entwurf:2012-11, Emissionen aus stationären Quellen — Qualitätssicherung für automatische Messeinrichtungen
- [3] DIN EN 15259:2008-01, Messung von Emissionen aus stationären Quellen – Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht
- [4] DIN EN 15267-3:2008-03, Zertifizierung von automatischen Messeinrichtungen – Teil 3: Mindestanforderungen und Prüfprozeduren für automatische Messeinrichtungen zur Überwachung von Emissionen aus stationären Quellen
- [5] DIN EN 16911-1:2013-06, Emissionen aus stationären Quellen — Manuelle und automatische Bestimmung der Geschwindigkeit und des Volumenstroms in Abgaskanälen — Teil 1: Manuelles Referenzverfahren
- [6] DIN EN 16911-2:2013-06, Emissionen aus stationären Quellen — Manuelle und automatische Bestimmung der Geschwindigkeit und des Volumenstroms in Abgaskanälen — Teil 2: Kontinuierliche Messverfahren
- [7] VDI 3950:2006-12, Qualitätssicherung für automatische Mess- und elektronische Auswerteeinrichtungen

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Margit Löschau (Hrsg.):

Immissionsschutz, Band 4

– Recht – Anlagenbetrieb und -optimierung – Emission –

ISBN 978-3-944310-16-9 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2014

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Erfassung und Layout: Ginette Teske, Sandra Peters, Berenice Gellhorn, Carolin Bienert, Cordula Müller

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.