

Geruchsringversuche an der Emissionssimulationsanlage

13

JENS CORDES, BENNO STOFFELS & DOMINIK WILDANGER

Zusammenfassung

Das Dezernat I3 des HLUg hat in Zusammenarbeit mit der Firma Odournet GmbH und dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) einen Ringversuch für Geruchsmessungen an der ESA entwickelt und im Jahr 2015 erstmalig erfolgreich durchgeführt. Die Ergebnisse dieses ersten Ringversuches zeigen eine

weit über den erwarteten Werten liegende Streuung der Teilnehmerergebnisse. Die im Rahmen des Ringversuches festgestellten Abweichungen der Teilnehmerergebnisse untereinander verdeutlichen die Notwendigkeit von Ringversuchen in diesem Bereich zur Sicherstellung vergleichbarer Messungen.

Das Prinzip hinter Geruchsmessungen

Anders als bei Luftschadstoffen wie Schwefeldioxid oder Stickstoffoxiden ist für die Beurteilung der Geruchsbelastung das menschliche Empfinden von ausschlaggebender Bedeutung. Daher setzen Geruchsmessungen auf die menschliche Nase als Detektor der Geruchskonzentration. Die Messung läuft dabei wie folgt ab: An der geführten Quelle (z. B. einem Schornstein oder Abluftkanal) wird ein geruchsneutraler Beutel mit ca. 20 l Abgas gefüllt. Dieser Beutel wird an ein sogenanntes Olfaktometer angeschlossen. Das Olfaktometer verdünnt Teilmengen der Abgasprobe nacheinander mit verschiedenen, genau bekannten Anteilen geruchsfreier Luft und bietet diese Mischungen den menschlichen Probanden zur sensorischen Beurteilung an. Die Probanden geben jeweils unabhängig voneinander eine Rückmeldung, ob sie einen Geruch wahrnehmen oder nicht. In mehreren Versuchen wird so die Verdünnung ermittelt, bei der der Übergang von „Geruch wird wahrgenommen“ zu „Geruch wird nicht wahrgenommen“ erfolgt. Der

so erhaltene Verdünnungsfaktor ist gleichbedeutend mit der Geruchskonzentration.

Der Einsatz von menschlichen Nasen als Sensoren ist eine der möglichen Hauptfehlerquellen von Geruchsmessungen, da die Geruchswahrnehmung von Person zu Person variiert. Um überhaupt vergleichbare Messungen erhalten zu können, müssen die eingesetzten Probanden ein für die Bevölkerung durchschnittliches Riechvermögen haben. Dazu wird ein potentieller Proband auf seine Geruchswahrnehmung bezüglich des Stoffes *n*-Butanol getestet. Diese muss innerhalb eines in der Norm DIN EN 13725 [1] definierten Bereichs liegen. Um den Effekt einzelner Probanden abzumildern, werden immer mindestens vier Probanden eingesetzt, deren Ergebnisse gemittelt werden.

Im Idealfall ist das Ergebnis einer Messung an einer Geruchsstoffe emittierenden Industrieanlage unab-

hängig vom messenden Labor. Der erste Schritt zur Sicherstellung dieser Zielsetzung ist die in der einschlägigen Norm geforderte Auswahl der Probanden anhand ihrer Riechfähigkeiten bezüglich des Stoffes *n*-Butanol. Diese interne Prüfung der Messinstitute ist alleine jedoch nur bedingt geeignet, um sicherzustellen, dass Messinstitute bei realen Messungen zu

vergleichbaren Ergebnissen kommen. Dies liegt zum einen an der Beschränkung auf nur einen Referenz-Geruchsstoff und zum anderen daran, dass eine Messung immer auch eine Probenahme beinhaltet, die bei fehlerhafter Durchführung zu falschen Ergebnissen führt.

Rechtlicher Hintergrund

Genehmigungsbedürftige Anlagen geben in Deutschland jährlich über eine Billion Kubikmeter Abgase in die Umwelt ab. Um zu überprüfen, ob dabei die gesetzlichen Emissionsgrenzwerte eingehalten werden, finden regelmäßig behördlich angeordnete Messungen statt. Als Nachweis der Grenzwerteinhaltung sind dabei nur Messungen gültig, die von nach §29b BImSchG [2] bekanntgegebenen Messinstituten durchgeführt wurden. Für diese Bekanntgabe gelten strenge Regeln bezüglich der Kompetenz, der Zuverlässigkeit und der Unabhängigkeit eines Messinstituts.

Ein wichtiges Element des Kompetenznachweises bezüglich der Probenahme und Messung an Emissionsquellen ist die Teilnahme an Ringversuchen. Bei einem Ringversuch müssen die Teilnehmer eine vom Ringversuchsveranstalter zur Verfügung gestellte Prüfatmosfera beproben und analysieren. Die so gewonnenen Ergebnisse werden dem Veranstalter übermittelt. Im Vergleich zu den Ergebnissen der anderen Teilnehmer bzw. zu der bekannten Zusammensetzung der Prüfatmosfera beurteilt der Ver-

anstalter die Kompetenz der Teilnehmer. Aufgrund der hohen Aussagekraft von Ringversuchen über die Qualität von Messinstituten müssen gemäß §16 der 41. BImSchV [3] bekanntgegebene Messinstitute regelmäßig ihre erfolgreiche Teilnahme an anerkannten und akkreditierten Ringversuchen nachweisen. Für die Qualitätskontrolle von Messungen der Massenkonzentration von organischen und anorganischen Gasen sowie der Staub- und Schwermetallmassenkonzentrationen in Abgasen bietet das HLUG seit Jahren entsprechende Emissionsringversuche an der Emissionssimulationsanlage (ESA) in Kassel an. Für Geruchsmessungen stand bislang jedoch kein vergleichbarer Ringversuch zur Verfügung, der die Probenahme einschließt. Um diese Lücke zu schließen, hat das HLUG in Zusammenarbeit mit der Firma Odournet GmbH und dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) ein Ringversuchsprogramm für Geruchsmessungen an der ESA entwickelt, das den kompletten Messvorgang von der Probenahme bis zur olfaktometrischen Auswertung der Proben einschließt.

Die Emissionssimulationsanlage zur Durchführung von Ringversuchen

Voraussetzung für die Durchführung der Ringversuche ist es, den Teilnehmern zeitgleich ein von der Zusammensetzung her stabiles und klar definiertes simuliertes Abgas zur Verfügung zu stellen. Dazu betreibt das HLUG die Emissionssimulationsanlage (ESA, siehe Abb. 1). Sie wurde als Modell für einen industriellen Abgasschornstein konstruiert und dient neben der Durchführung von Emissionsringversu-

chen auch der Durchführung von modellhaften Untersuchungen im Bereich der Emissionsmesstechnik.

Die ESA hat eine Gesamtlänge von 110 m und erstreckt sich über alle sieben Stockwerke des HLUG-Gebäudes in Kassel. Das Herzstück dieser Anlage ist ein 23 m hohes Edelstahlrohr mit einem Innendurchmesser von 40 cm. Dieser Teil der ESA ist der

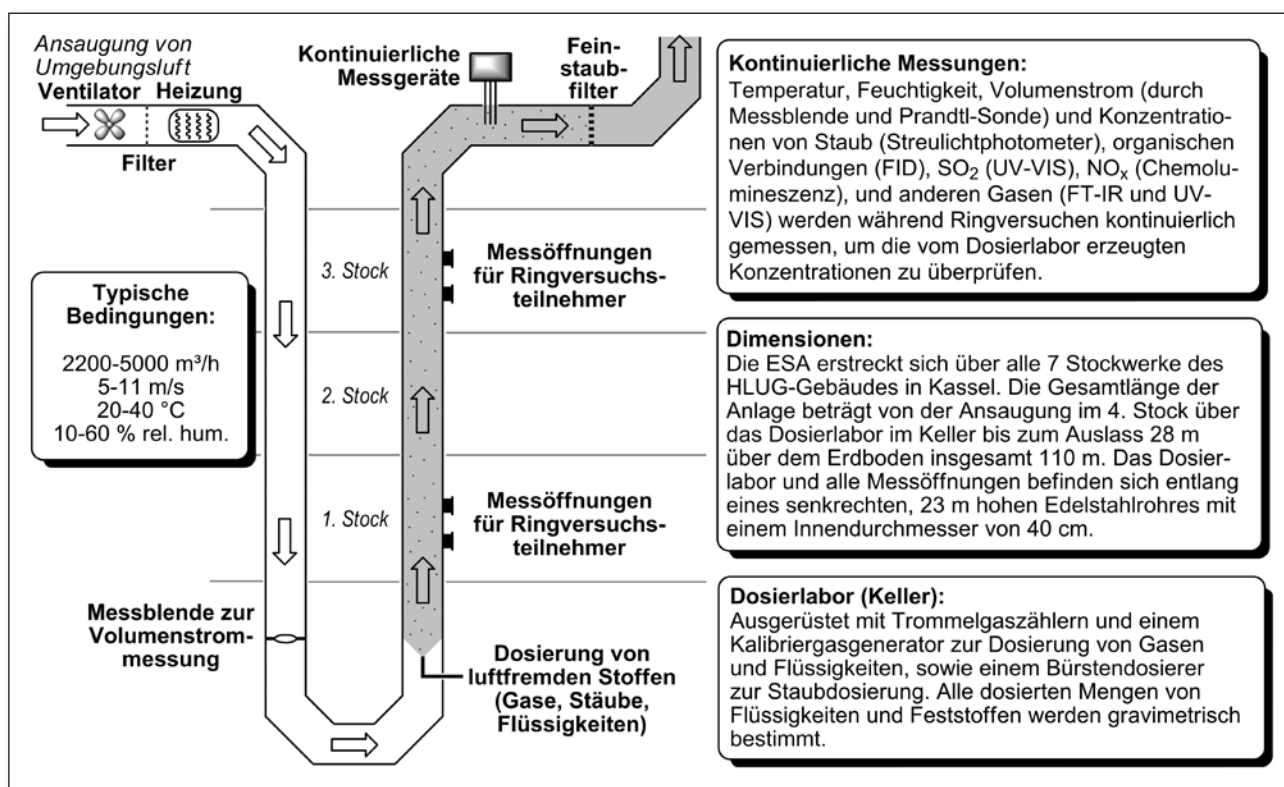


Abb. 1: Schematische Darstellung der ESA des HLUG in Kassel.

eigentliche Schornsteinersatz, an dem sich Messöffnungen für die Entnahme von Proben für Emissionsmessungen befinden.

Die Prüfatmosfera in Form von simuliertem Abgas wird erzeugt, indem Umgebungsluft angesaugt, durch die Anlage gepumpt, erwärmt und mit genau dosierten Mengen an Fremdstoffen, wie beispielsweise Geruchsstoffen, versetzt wird. Das Abgas strömt dabei typischerweise mit ca. 5–11 m/s durch die ESA, dadurch wird ein Volumen von ca. 2000–5000 m³/h durch die Anlage bewegt.

Die durch die Ringversuchsteilnehmer zu messenden luftfremden Stoffe werden im Dosierlabor im Keller in den Luftstrom dosiert. Dazu ist das Dosierlabor ausgerüstet mit diversen Trommelgaszählern für die Dosierung verschiedener Gase, einem Kalibriergasgenerator für die Dosierung von Flüssigkeiten sowie einem Bürstendosierer für die Dosierung von Stäuben. Verschiedene Messgeräte messen kontinuierlich Volumenstrom, Druck, Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie die Konzentrationen von organischen Verbindungen (als Gesamt-C) und verschiedenen anderen Komponenten, um die vom Dosierlabor erzeugten Konzentrationen permanent zu überprüfen.

Entwicklung der Geruchsringversuche

Aufgrund der hohen Relevanz der Ergebnisse für die teilnehmenden Institute bedarf die Entwicklung eines Ringversuches sorgfältigster Planung und Validierung. Nach den ersten Abstimmungen wurde daher in Kooperation mit Odournet GmbH im Oktober 2014 durch das HLUG ein Pilot-Ringversuch zur Messung

von Geruchsemissionen durchgeführt. An diesem Ringversuch nahmen drei für olfaktometrische Emissionsmessungen nach DIN 17025 [4] akkreditierte und nach §29b BImSchG bekanntgegebene Messinstitute teil. Ziel dieses Pilot-Ringversuchs war vor allem ein Test der Durchführbarkeit eines Geruchs-

Emissionsringversuchs mit Probenahme an der ESA. Zugleich sollte aber auch ein realistischer Wert für das Kriterium zur Leistungsbewertung der Teilnehmer in vergleichbaren Ringversuchen abgeschätzt werden. Bei der Beurteilung der Ergebnisse muss das logarithmische Ansprechverhalten der menschlichen Nase berücksichtigt werden. Entsprechend erfolgte die Bewertung anhand des Verhältnisses zwischen angenommenem wahren Wert und vom Teilnehmer ermittelten Wert. Die Herausforderung bei dieser Auswertung liegt darin, den angenommenen wahren Wert der eingesetzten Prüfatmosfera korrekt zu bestimmen. Aufgrund des menschlichen Faktors der Analytik kann nicht einfach aus den bekannten Daten der Dosierung über die Menge des eingebrachten Stoffes auf die vorgelegte Geruchskonzentration geschlossen werden. Entsprechend muss – bis ein hin-

reichend großes Datenkollektiv zur Verfügung steht – der Konsenswert der Teilnehmer als Vergleichswert für die Beurteilung verwendet werden. Auf der Grundlage der Ergebnisse des Testringversuches wurde gemeinsam mit den anderen Landesbehörden sowie den Messstellen ein Ringversuchsplan aufgestellt. Die in diesem Plan definierten Validierungsmaßnahmen wurden vom HLUg zusammen mit der Firma Odournet durchgeführt. Wesentlicher Bestandteil dieser Maßnahmen ist es, sicherzustellen, dass alle Teilnehmer die Messungen unter den gleichen Bedingungen an einer stabilen und homogenen Prüfatmosfera durchführen können. Nach dem erfolgreichen Abschluss dieser Voruntersuchungen und der Zustimmung aller anderen Bundesländer begann die Planung für den ersten regulären Geruchsringversuch des HLUg.

Geruchsringversuch 2015

Zum ersten regulären Geruchsringversuch wurden alle in Deutschland nach §29b BImSchG für Geruchsmessungen bekanntgegebenen Messinstitute zur Teilnahme eingeladen. Interesse an einer Teilnahme äußerten daraufhin 16 Standorte.

Dieser Ringversuch wurde unter folgenden Randbedingungen geplant und durchgeführt:

- Die Probenahmen finden für alle Teilnehmer gleichzeitig statt.
- Die Probenahme und Auswertung der Proben wird gemäß DIN EN 13725 bzw. VDI 3884 Blatt 1 [5] durchgeführt.
- Die Probenahmedauer beträgt 10 Minuten pro Messung.
- Es werden nacheinander vier verschiedene Geruchsstoffe verwendet: (R)-(+)-Limonen (riecht nach Zitrusfrüchten), *n*-Butanol (Referenzge-

ruchsstoff, Geruch wird als „charakteristisch“ beschrieben), *n*-Amylacetat (je nach Konzentration Birnen- bis Bananengeruch) sowie Tetrahydrothiophen (diese Verbindung wird dem Erdgas als Warngeruch zugesetzt).

- Zu jeder Komponente werden 3 Messungen bei vergleichbarer Konzentration durchgeführt.
- Die dosierten Geruchskonzentrationen liegen zwischen 500 und 5 000 GE_E/m³.
- Alle Messergebnisse sind in GE_E/m³ (Geruchseinheiten pro Kubikmeter) als ganze Zahlen und bezogen auf den olfaktorischen Normzustand, feucht (20 °C, 1013 mbar) anzugeben.
- Die Auswertung der Geruchsproben erfolgt vor Ort in Kassel, die Ergebnisse sind noch am selben Tag vor Ort an den Veranstalter zu übergeben.

Ergebnisse des ersten Geruchsringversuches

Die Ergebnisse der Teilnehmer zeigten für alle vier im Ringversuch verwendeten Geruchsstoffe überraschend breit gestreute Ergebnisse (siehe Abb. 2). Für

jeden Geruchsstoff wurden Ergebnisse eingereicht, die von ca. einem Drittel bis etwa zum Dreifachen des wahren Wertes reichen.

Für Messungen an realen Anlagen würden diese Zahlen bedeuten: Wenn eine Anlage Abgase mit einer Geruchskonzentration von 500 Geruchseinheiten pro Kubikmeter ausstößt, würden bei einer Messung je nachdem, welches Institut die Messung vornimmt, Geruchskonzentrationen zwischen ca. 170 und

1 500 Geruchseinheiten pro Kubikmeter gemessen werden. Inwiefern eine Streuung in dieser Größenordnung für Messungen im gesetzlich geregelten Bereich akzeptabel ist, muss von den entsprechenden Fachkreisen auf Grundlage der jetzt vorliegenden Ergebnisse beurteilt werden.

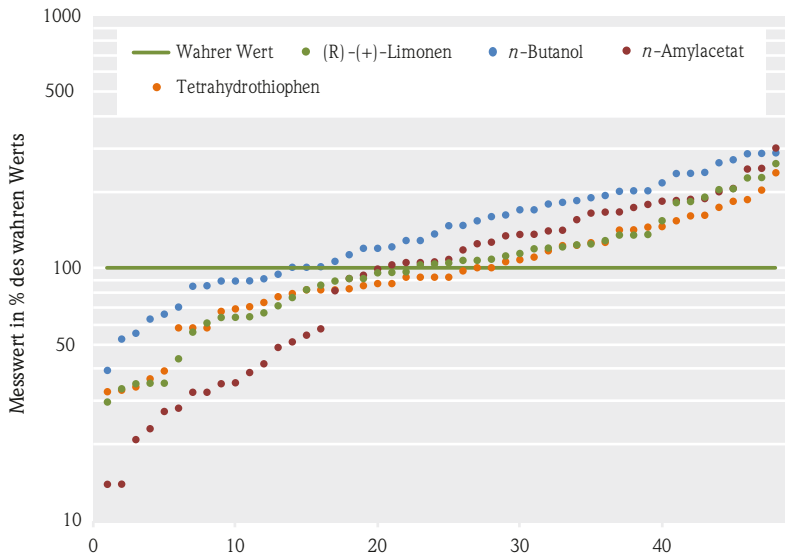


Abb. 2: Darstellung der Einzelergebnisse der Teilnehmer (in % des wahren Wertes) für die Geruchskonzentration.

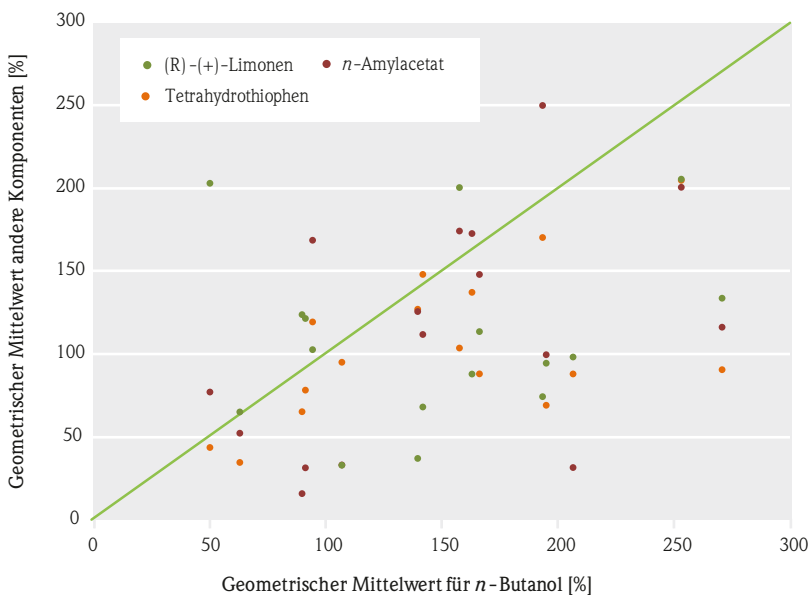


Abb. 3: Darstellung der Teilnehmerergebnisse für die Geruchskonzentration (in % des wahren Wertes) von (R)-(+)-Limonen, n-Amylacetat und Tetrahydrothiophen, jeweils aufgetragen gegen das jeweilige Ergebnis des Teilnehmers für den Referenzstoff n-Butanol.

Eine weitere Auswertung der Teilnehmerergebnisse zeigt, dass die Ergebnisse der vier Geruchsstoffe offenbar unabhängig voneinander streuen. Eine Auftragung der mittleren Teilnehmerergebnisse für die verschiedenen Geruchsstoffe gegen das jeweilige Ergebnis für den Referenzstoff n-Butanol ist in Abb. 3 dargestellt. Wenn die Abweichungen der Ergebnisse vom Sollwert allein durch Verdünnungsfehler der Olfaktometer entstünden, müsste die Mehrheit der Werte entlang der grün gezeichneten Diagonale zu finden sein: Ein Fehler bei den Verdünnungen um einen gewissen Faktor (z. B. 1,3) würde sich auf alle gemessenen Konzentrationen gleich auswirken (alle Werte würden dann im Beispiel bei ca. 130% liegen). Tatsächlich ist aber bei den Teilnehmern kein klarer Zusammenhang zwischen den Ergebnissen zu verschiedenen Komponenten zu erkennen. Die Ursache der breiten Streuung der Ergebnisse ist daher wahrscheinlich eher im stark variierenden Ansprechverhalten der Probanden sowie noch zu identifizierenden Einflussgrößen bei der Durchführung der Probenahme zu vermuten.

Da von den insgesamt ca. 40 für Geruchsmessungen bekanntgegebenen Standorten nur 16 am Ringversuch des HLUg teilgenommen haben, sind die bislang erhaltenen Ergebnisse nicht repräsentativ für alle Geruchsmessungen in Deutschland. Ein hoher Bedarf für eine effektive Qualitätssicherung in diesem Bereich ist aber klar erkennbar.

Ausblick: Qualitätssicherung von Geruchsemissionsmessungen

Die Qualitätssicherung im Bereich der Emissionsmessungen leistet einen wichtigen Beitrag zum Schutz von Gesundheit und Umwelt. Vor allem die Teilnahme an Ringversuchen, bei denen Messinstitute ihre Kompetenz in der Bestimmung der Konzentrationen luftfremder Stoffe in Abgasen testen können, gewährleistet einen hohen Standard bei der Quantifizierung von schädlichen oder störenden Emissionen in die Umwelt. Im Bereich der Geruchsmessungen gab es bislang nur Ringversuche, die lediglich den analytischen Teil der Olfaktometrie abdecken. Für die Verlässlichkeit der Messergebnisse ist aber das Gesamtverfahren inklusive der Probenahme entscheidend. Das in Zusammenarbeit mit der Odournet GmbH und dem LANUV neu entwickelte Ringversuchsprogramm an der ESA des HLOG schließt diese Lücke. Der Geruchsringversuch des HLOG simuliert die Probenahme und olfaktometrische Auswertung an einer Industrieanlage, wobei die strömungstechnischen Randbedingungen der Emissionsquelle und die Massenkonzentration der Geruchsstoffe reproduzierbar sind und äußerst konstant mit genau definierten Werten ange-

boten werden können. Dadurch werden die Messergebnisse der Teilnehmer über verschiedene Runden des Ringversuchs vergleichbar, was eine deutlich aussagekräftigere Leistungsbewertung der Teilnehmer ermöglicht als z. B. Vergleichsmessungen an realen Anlagen. Diese klar definierten Bedingungen erlauben außerdem eine strukturierte Suche nach für das Ergebnis von Geruchsmessungen wichtigen Einflussfaktoren. Dies ist eine Aufgabe, die angesichts der erheblich streuenden Ergebnisse bei den nächsten Ringversuchen im Vordergrund stehen wird.

Sobald der Geruchsringversuch des HLOG anerkannt und gemäß DIN 17043 [6] akkreditiert ist, stellt er für die gemäß §29b BImSchG bekanntgegebenen Messinstitute in Deutschland eine Möglichkeit dar, den Anforderungen der 41. BImSchV effektiv nachzukommen. Für das Bekanntgabeverfahren bedeutet dies, dass die Qualitätssicherung im Modul O (Geruch) auf den bei den Modulen G (Gase) und P (Staub) üblichen Standard angehoben wird.

Literatur

1. DIN EN 13725:2003-07: Luftbeschaffenheit - Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie; Deutsche Fassung EN 13725:2003
2. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I, 2013, S. 1274)
3. Einundvierzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Bekanntgabeverordnung – 41. BImSchV) vom 2. Mai 2013 (BGBl. I, 2013, S. 973)
4. DIN EN ISO/IEC 17025:2005-08: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2005
5. VDI 3884 Blatt 1:2015-02: Olfaktometrie - Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie - Ausführungshinweise zur Norm DIN EN 13725
6. DIN EN ISO/IEC 17043:2010-05: Konformitätsbewertung - Allgemeine Anforderungen an Eignungsprüfungen (ISO/IEC 17043:2010); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17043:2010