



Jahresbericht 2016

Ergebnisse der Ringversuche der Stoffbereiche P, G und O an
der Emissionssimulationsanlage zur Qualitätssicherung von
Emissionsmessungen im Jahr 2016

Das Dezernat I3 – Luftreinhaltung/Emissionen
ist akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025 und DIN EN ISO/IEC 17043.
Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren



Jede Veröffentlichung oder Vervielfältigung (im Ganzen oder in Auszügen) bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung durch das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie.

Inhalt

1.	Zusammenfassung	4
2.	Einleitung	4
2.1	Rechtlicher Hintergrund.....	4
2.2	Die Emissionssimulationsanlage.....	4
3.	Organisatorische Informationen	5
4.	Durchführung der Ringversuche	7
4.1	Partikelförmige Standards.....	7
4.2	Ablauf der Messungen.....	7
4.3	Auswertung der Ringversuche.....	8
4.3.1	Berechnung von z-Scores.....	8
4.3.2	Bewertungsschema.....	10
4.3.3	Ergebnismitteilung.....	12
5.	Ergebnisse	12
5.1	Erreichte z-Scores.....	12
5.1.1	Stoffbereich P.....	13
5.1.2	Stoffbereich G.....	16
5.1.3	Stoffbereich O.....	21
5.2	Auflistung der erreichten Klassensummen.....	22
5.2.1	Stoffbereich P.....	23
5.2.2	Stoffbereich G.....	30
5.2.4	Stoffbereich O.....	39
5.3	Auflistung der Ergebnisse.....	41
5.3.1	Stoffbereich P.....	41
5.3.2	Stoffbereich G.....	44
5.3.3	Stoffbereich O.....	47
6.	Interpretation	48
6.1	Beurteilung der Messergebnisse.....	50
6.2	Randbedingungen.....	51
6.3	Freiwillige Angaben der Teilnehmer.....	53
6.3.1	Messunsicherheiten.....	53
6.3.2	Sonde und Spülen bei Staubmessungen.....	55
6.3.3	Durchmesser der Sondenöffnung bei Staubmessungen.....	57
6.3.4	Analysegeräte für Schwermetalle.....	58

6.3.5	Formaldehyd	59
6.3.6	Lösungsmittel zur Desorption von ETX.....	59
6.3.7	Gaschromatographie Detektoren.....	60
7.	Schlussbemerkung	62
8.	Literaturverzeichnis	63

1. Zusammenfassung

An den Staub-Emissionsringversuchen (Stoffbereich P) des HLNUG nahmen im Jahr 2016 insgesamt 53 Messinstitute teil, davon waren 36 Teilnehmer §29b-Messstellen und 17 Freiwillige. Die Erfolgsquote lag bei den §29b-Messstellen mit 92% wie in der Vergangenheit deutlich höher als bei den Freiwilligen (58%). 5 der freiwilligen Teilnehmer haben nicht alle Messungen des Ringversuchsprogramms durchgeführt.

An den Gas-Emissionsringversuchen (Stoffbereich G) nahmen 2016 insgesamt 39 Messinstitute teil, davon waren 35 Teilnehmer §29b-Messstellen und 4 Freiwillige. Die Erfolgsquote lag auch hier bei den §29b-Messstellen (86%) wie in den Jahren zuvor deutlich höher als bei den Freiwilligen (50%). Jeweils eine §29b-Messstelle und ein freiwilliger Teilnehmer haben nicht alle Messungen des Ringversuchsprogramms durchgeführt.

An den Geruchs-Emissionsringversuchen (Stoffbereich O) nahmen 2016 insgesamt 9 Messstellen teil, von denen alle eine Bekanntgabe nach §29b BImSchG hatten. Hier waren 78% der Teilnehmer erfolgreich.

2. Einleitung

2.1 Rechtlicher Hintergrund

Die Ringversuche an der Emissionssimulationsanlage (ESA) des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) in Kassel wurden für die Qualitätskontrolle von gemäß §29b BImSchG (Bundes-Immissionsschutzgesetz) bekanntgegebenen Messstellen entwickelt. Die in diesem Jahresbericht vorgestellten Ringversuche sind nach DIN EN ISO/IEC 17043 akkreditiert und werden von allen Bekanntgabebehörden in Deutschland im Sinne des §16 Abs. 4 Nr. 7a der 41. BImSchV anerkannt. Die regelmäßige erfolgreiche Teilnahme an diesen Ringversuchen ist somit Voraussetzung für die Aufrechterhaltung einer Bekanntgabe nach §29b BImSchG.

Neben den bereits bekanntgegebenen Messstellen können aber auch andere Labore an den Emissionsringversuchen des HLNUG teilnehmen, z. B. solche, die eine Bekanntgabe anstreben oder auch Labore, die zwar keine Messungen im geregelten Bereich durchführen, aber dennoch die Qualität ihrer Emissionsmessungen überprüfen möchten.

2.2 Die Emissionssimulationsanlage

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 HLNUG die Emissionssimulationsanlage (ESA, siehe Abbildung 1). Sie wurde als Modell für einen industriellen Abgasschornstein konstruiert und dient neben der Durchführung von Emissionsringversuchen 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 HLNUG-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 eigentliche Schornsteinersatz, an dem sich Messöffnungen für die Entnahme von Proben für Emissionsmessungen befinden.

Die Prüfatmosphäre in Form von simuliertem Abgas wird erzeugt, indem Umgebungsluft angesaugt, durch die Anlage gepumpt, erwärmt und mit genau dosierten Mengen an Fremdstoffen versetzt wird. Das Abgas strömt dabei typischerweise mit ca. 5 – 11 m/s

durch die ESA, dadurch wird ein Volumen von ca. 2200 – 5000 m³/h durch die Anlage bewegt.

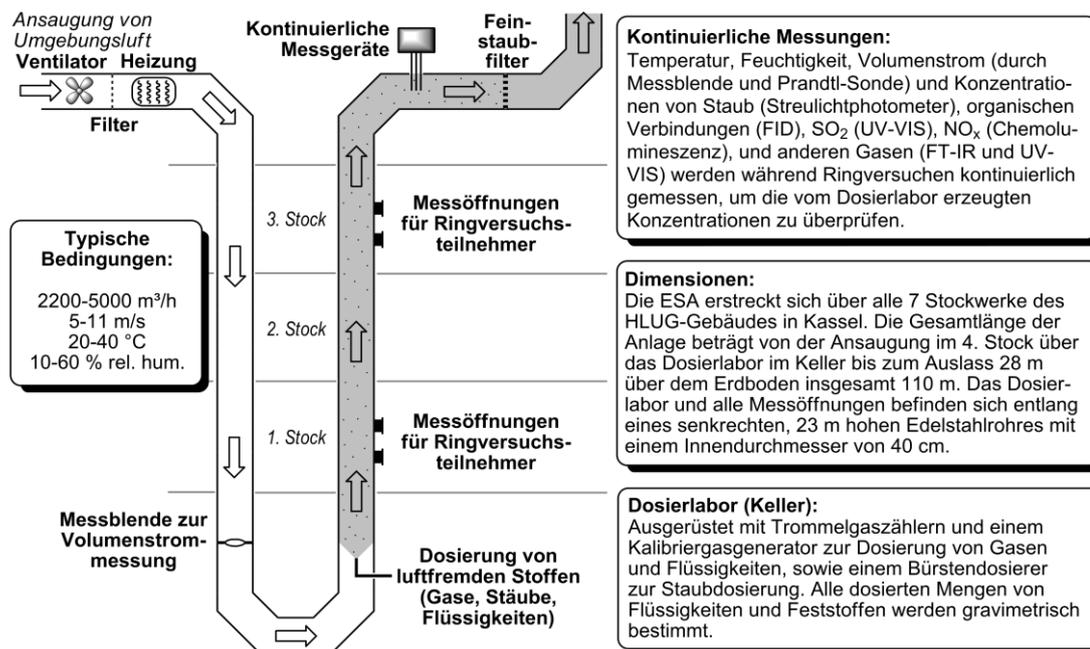


Abbildung 1: Schematische Darstellung der ESA des HLNUG in Kassel

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.

3. Organisatorische Informationen

Im Jahr 2016 wurden die folgenden Ringversuche durchgeführt:

Tabelle 1: Ringversuche des HLNUG im Jahr 2016

Ringversuch	Art	Start	Ende	Teilnehmer
RV 441S	partikelförmige Stoffe (Stoffbereich P)	01.02.2016	02.02.2016	7
RV 442G	gasförmige Stoffe (Stoffbereich G)	03.02.2016	05.02.2016	8
RV 443S	partikelförmige Stoffe (Stoffbereich P)	22.02.2016	23.02.2016	8
RV 444G	gasförmige Stoffe (Stoffbereich G)	24.02.2016	26.02.2016	8
RV 445S	partikelförmige Stoffe (Stoffbereich P)	14.03.2016	15.03.2016	7
RV 446G	gasförmige Stoffe (Stoffbereich G)	16.03.2016	18.03.2016	7
RV 447S	partikelförmige Stoffe (Stoffbereich P)	11.04.2016	12.04.2016	8
RV 448G	gasförmige Stoffe (Stoffbereich G)	13.04.2016	15.04.2016	8
RV 449S	partikelförmige Stoffe (Stoffbereich P)	09.05.2016	10.05.2016	6
RV 450S	partikelförmige Stoffe (Stoffbereich P)	11.05.2016	12.05.2016	8

Ringversuch	Art	Start	Ende	Teilnehmer
RV 4510	Geruchsemissionen (Stoffbereich O)	05.10.2016	05.10.2016	5
RV 4520	Geruchsemissionen (Stoffbereich O)	12.10.2016	12.10.2016	4
RV 453S	partikelförmige Stoffe (Stoffbereich P)	31.10.2016	01.11.2016	3
RV 454G	gasförmige Stoffe (Stoffbereich G)	02.11.2016	04.11.2016	5
RV 455S	partikelförmige Stoffe (Stoffbereich P)	21.11.2016	22.11.2016	6
RV 456G	gasförmige Stoffe (Stoffbereich G)	23.11.2016	25.11.2016	3

Diese Ringversuche wurden unter folgenden Randbedingungen geplant und durchgeführt (siehe dazu auch Durchführungsbestimmungen Stoffbereich G von Oktober 2014, Durchführungsbestimmungen Stoffbereich P von Juni 2007, Merkblatt für Stoffbereich O vom 16.03.2016):

Tabelle 2: Rahmenbedingungen der Ringversuche des HLNUG

	Stoffbereich P	Stoffbereich G
Probenahmedauer	30 min	30 min (disk. Komponenten und Gesamt-C), 15 min (Propan, NO _x , SO ₂ kont.)
Anzahl Proben	10 inkl. Einführungsmessung	
Probenahme	Für alle Teilnehmer gleichzeitig (1. OG und 3. OG)	
Randbedingungen	keine Festlegung in Durchführungsbestimmungen	2000 ... 3500 m ³ /h 20 ... 40 °C
Konzentrationen	1 ... 12 mg/m ³ in folgenden Stufen: 1: 1 ... 4 mg/m ³ 2: 4 ... 7 mg/m ³ 3: 7 ... 12 mg/m ³	SO ₂ : 20 ... 150 mg/m ³ NO _x als NO ₂ : 60 ... 450 mg/m ³ Summe ETX: 4 ... 100 mg/m ³ Formaldehyd: 4 ... 40 mg/m ³ Gesamt-C: 4 ... 100 mg/m ³ (ETX/Propan) Gesamt-C: 5 ... 100 mg/m ³ (Propan)
Abgabe	sechs Wochen nach Abschluss des Ringversuchs mit einer Nachkommastelle in mg/m ³ Normzustand, trocken (Gesamtstaub), bzw. µg/m ³ Normzustand, trocken (Schwermetallgehalte)	vier Wochen nach Abschluss des Ringversuchs mit einer Nachkommastelle (Komponenten G1, G2, G3, G8, G9, s. Tabelle 4), bzw. zwei Nachkommastellen (4 ... 7, s. Tabelle 4), in mg/m ³ im Normzustand, trocken
Art der Abgabe	Über eine vom HLNUG zur Verfügung gestellte Excel-Datei, in die die jeweiligen Ergebnisse einzutragen sind	
	Stoffbereich O	
Probenahmedauer	10 min	
Anzahl Proben	10 inkl. Einführungsmessung	
Randbedingungen	2000 ... 6000 m ³ /h, Abgasgeschwindigkeit > 4 m/s, Wasserdampfgehalt bis 50 g/m ³	
Konzentrationen	Richtwert: 50 ... 50000 GE _E /m ³	
Abgabe	Am Ringversuchstag, 19:00 Uhr	
Art der Abgabe	Über eine zur Verfügung gestellte Excel-Datei, persönlich am Ringversuchstag abgegeben	

Die Ringversuche wurden vom Dezernat I3 (Luftreinhaltung, Emissionen) des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie durchgeführt. Ort der Ringversuchsdurchführung ist:

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Ludwig-Mond-Str. 33
34121 Kassel
Tel.: 0561 – 2000 137
Fax: 0561 – 2000 225
E-Mail: emission@hlnug.hessen.de

Derzeit fachlich verantwortlich für die Durchführung der Ringversuche sind:
Dr. Dominik Wildanger, Dr. Jens Cordes und Benno Stoffels.

4. Durchführung der Ringversuche

4.1 Partikelförmige Standards

Im Gegensatz zu den Reinsubstanzen bei Gas-Ringversuchen sind für partikelförmige Stoffe keine Referenzmaterialien in ausreichender Menge am Markt verfügbar. Daher werden für Ringversuche des Bereichs P die Referenzstäube im HLNUG hergestellt.

Die Matrix ist ein industrieller Staub, der durch gezielte Schwermetalldotierung, Mahl-, Sieb- und Trocknungsschritte optimiert wird. Durch intensives Mischen der Charge wird abschließend eine vollständige Homogenisierung des Staubstandards erreicht.

Die Ermittlung des konventionell richtigen Wertes („wahrer Wert“) der Schwermetallkonzentration einer dotierten Staubprobe erfolgt auf Basis der Daten aus Ringanalysen, die von Laboratorien verschiedener Landesanstalten durchgeführt wurden. Der robuste Median aus den Einzelwerten der Ringanalysen wird als wahrer Schwermetallgehaltswert des Staubstandards betrachtet. Der Staub unterliegt einer Homogenitäts- und Stabilitätsprüfung und Verifizierung, die in bestimmten Abständen wiederholt wird. Homogenität und Stabilität der Prüfstäube werden nach DIN ISO 13528 (1) überprüft.

4.2 Ablauf der Messungen

Jeder Teilnehmer hat die Massenkonzentration der jeweiligen Emissionskomponenten unter Berücksichtigung von DIN EN 15259:2008-01 (2) zu bestimmen. Bei Geruchsringversuchen sind statt Massen- Geruchskonzentrationen zu ermitteln. Der Ablauf des Ringversuchs sowie die bei den Messungen einzusetzenden Verfahren sind in den folgenden Tabellen Aufgeführt.

Zusätzlich sind vor Beginn der eigentlichen Probenahme die messtechnischen Randbedingungen zu erfassen. Dazu gehören Abgasgeschwindigkeit, Volumenstrom, Abgastemperatur und -feuchte sowie der Luftdruck in der Anlage.

Tabelle 3: Ablauf der Ringversuche des HLNUG

Tag	Komponente	Verfahren
Stoffbereich P		
Tag 1 und 2	Staub Staubinhaltsstoffe	DIN EN 13284-1 / VDI 2066 Blatt 1 (3) (4) keine Festlegung in Durchführungsbestimmungen
Stoffbereich G		
Tag 1	Formaldehyd	VDI 3862 Blatt 2,3 oder 4 (5) (6) (7)
Tag 2	SO ₂ Gesamt-C ETX	DIN EN 14791 (8) DIN EN 12619 (9) DIN EN 13649 (10)
Tag 3	SO ₂ Gesamt-C NO _x als NO ₂	Mit einem eignungsgeprüften Messgerät DIN EN 12619 (9) DIN EN 14792 (11)
Stoffbereich O		
Tag 1	<i>n</i> -Butanol sowie drei weitere Stoffe bzw. Gemische	DIN EN 13725

4.3 Auswertung der Ringversuche

4.3.1 Berechnung von z-Scores

Stoffbereich P und G

Die Auswertung der Ringversuchsergebnisse erfolgt gemäß den jeweiligen Durchführungsbestimmungen (Stoffbereich P und G) nach dem z-Score-Verfahren. Dazu wird für den *i*-ten Messwert der *j*-ten Konzentrationsstufe der *k*-ten Komponente x_{ijk} ein z-Score-Wert z_{ijk} ermittelt:

$$z_{ijk} = \frac{x_{ijk} - X_{ijk}}{\sigma_k}$$

Dabei ist X_{ijk} der Schätzwert für den wahren Wert der entsprechenden Dosierung und σ_k die Präzisionsvorgabe. Der Schätzwert für den wahren Wert wird aus den Messdaten der Dosieranlage sowie dem Volumenstrom hergeleitet.

Stoffbereich O

Für Geruchsringversuche erfolgt die Berechnung der z-Scores auf Basis der logarithmierten Werte:

$$z_{ik} = \frac{1}{\sigma_k} \cdot \log_{10} \left(\frac{x_{ik}}{X_{ik}} \right)$$

Hierbei ist X_{ik} der Schätzwert für den wahren Wert der entsprechenden Dosierung und σ_k die Präzisionsvorgabe. Der Schätzwert für den wahren Wert wird aus der dosierten Massenkonzentration c_{ik} und dem Geruchsschwellenwert $c_{0,k}$ der Komponente berechnet:

$$X_{ik} = \frac{c_{ik}}{c_{0,k}} \text{ GE}_E/\text{m}^3$$

Die dosierte Massenkonzentration c_{ik} wird für jede Messung aus den Messdaten der Dosieranlage sowie dem Volumenstrom hergeleitet. Der Geruchsschellenwert $c_{0,k}$ beträgt für die Komponente *n*-Butanol $c_0 = 123 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Für alle anderen Komponenten werden Werte aus den Ergebnissen der Ringversuchsteilnehmer nach folgendem Schema hergeleitet:

- a) Es wird ein Konsenswert aus Messungen von mindestens 20 Teilnehmern aus mindestens zwei verschiedenen vorherigen Ringversuchen des HLNUG ermittelt. Dabei werden nur Ergebnisse von Teilnehmern verwendet, die im selben Ringversuch für die Komponente *n*-Butanol die Bewertung „bestanden“ erhalten haben. Die Berechnung wird als robuster Median der logarithmierten Werte gemäß DIN ISO 13528 durchgeführt und regelmäßig durch Einbeziehung neuer Ergebnisse aktualisiert. Die Berechnung ist auf Ergebnisse der letzten 5 Jahre beschränkt, sofern die oben genannten Mindestanforderungen erfüllt sind.
- b) Liegen nicht genügend Messergebnisse aus vorherigen Ringversuchen für eine Ermittlung des Konsenswertes der Teilnehmer gemäß Punkt a) vor, wird der Wert für die Geruchsschwelle einer im Ringversuch angebotenen Komponente nachträglich aus den Messergebnissen der Teilnehmer des Ringversuchs berechnet. Dabei können die Ergebnisse von mehreren Ringversuchen zusammengefasst werden, sofern die Probenahmen innerhalb eines Zeitraums von 14 Tagen stattgefunden haben. Dabei werden nur Ergebnisse von Teilnehmern verwendet, die im selben Ringversuch für die Komponente *n*-Butanol die Bewertung „bestanden“ erhalten haben. Die Berechnung wird als robuster Median der logarithmierten Werte gemäß DIN ISO 13528 durchgeführt. Liegen für eine Komponente weniger als neun Messergebnisse vor, die die oben genannten Kriterien erfüllen, kann für diese Komponente weder eine Auswertung in Form von z-Scores, noch eine Leistungsbewertung vorgenommen werden.

Die Präzisionsvorgaben σ betragen für die einzelnen Komponenten:

Tabelle 4: Präzisionsvorgaben

Nr.	Komponente	Art der Bestimmung	Kurzbezeichnung	Präzisionsvorgabe σ_k in % vom Sollwert
Stoffbereich P				
P1	Staubkonzentration	diskontinuierlich	St	7,0
P2	Cadmium	diskontinuierlich	Cd	8,0
P3	Cobalt	diskontinuierlich	Co	8,0
P4	Chrom	diskontinuierlich	Cr	12,0
P5	Kupfer	diskontinuierlich	Cu	8,0
P6	Nickel	diskontinuierlich	Ni	8,0
P7	Blei	diskontinuierlich	Pb	8,0
Stoffbereich G				
G1	SO ₂	diskontinuierlich	Sd	3,1
G2	SO ₂	kontinuierlich	Sk	3,9
G3	NO _x als NO ₂	kontinuierlich	Nk	3,1
G4	Toluol	diskontinuierlich	Td	5,6
G5	Ethylbenzol	diskontinuierlich	Ed	5,8

Nr.	Komponente	Art der Bestimmung	Kurzbezeichnung	Präzisionsvorgabe σ_k in % vom Sollwert
G6	o-, m-, p-Xylol	diskontinuierlich	Xd	5,3
G7	Formaldehyd	diskontinuierlich	Fd	3,5
G8	Gesamt-C (Propan, ETX)	kontinuierlich	Ck	3,3
Stoffbereich G – nicht bestehensrelevanter Teil				
G9	Gesamt-C (Propan)	kontinuierlich	Pk	3,3
G10	Toluol (Standard)	Laboranalyse	STDT	4,5
G11	Ethylbenzol (Standard)	Laboranalyse	STDE	4,5
G12	o-, m-, p-Xylol (Standard)	Laboranalyse	STDX	4,5
Stoffbereich O				
-	Alle Geruchsstoffe	diskontinuierlich	z.B. NBU, AAC, ...	0,1 [†]

[†] Beim Ringversuch O ist die Präzisionsvorgabe nicht in % des Sollwerts definiert (s. Abschnitt 4.3.1)

Für Geruchsringversuche gilt: Sofern die gemäß DIN ISO 13528 berechnete relative Unsicherheit des wahren Wertes u_k für eine Komponente einen Wert ergibt, mit dem bei $\sigma_k = 0,10$ die Bedingung

$$\sigma_k \geq \frac{1}{0,3} \cdot \log_{10}(1 + u_k)$$

nicht erfüllt ist, so wird die Präzisionsvorgabe für die betroffene Komponente entsprechend DIN ISO 13528 angepasst. Dazu wird σ_k auf den nächsten Wert mit zwei Nachkommastellen angehoben, der die obige Bedingung erfüllt. Die Teilnehmer werden spätestens mit der Ergebnismitteilung durch das HLNUG über die Anhebung der Präzisionsvorgabe informiert.

4.3.2 Bewertungsschema

Ermittlung von z-Scores und Klassensummen

Die Auswertung des Ringversuchs erfolgt in Anlehnung an das z-Score Verfahren. Dazu werden bei allen Komponenten mit Probenahme für den i -ten Messwert der j -ten Konzentrationsstufe der k -ten Komponente ein z-Score-Wert ermittelt:

$$z_{ijk} = \frac{x_{ijk} - X_{ijk}}{\sigma_k}$$

Hierbei ist X_{ijk} der Schätzwert für den wahren Wert (Sollwert) der entsprechenden Dosierung und die zugehörige Präzisionsvorgabe. Der Schätzwert für den wahren Wert wird aus den Messdaten der Dosieranlage sowie dem Volumenstrom hergeleitet.

Für die Interpretation der ermittelten z-Score-Werte gilt folgendes Schema:

$$\begin{array}{ll} z_{ijk} \leq 2 & \text{Ergebnis zufriedenstellend} \\ 2 < z_{ijk} < 3 & \text{Ergebnis fraglich} \\ z_{ijk} \geq 3 & \text{Ergebnis unzureichend} \end{array}$$

Generell sollte bei jedem Ergebnis, das mit einem z-Score von mehr als zwei bewertet wurde, eine Ursachenforschung betrieben werden.

Im nächsten Schritt werden die Beträge der n z-Scores der Ergebnisse einer Konzentrationsstufe (in der Regel $n = 3$) einer Komponente gemittelt:

$$z_{ik} = \sum_{i=1}^n \frac{|z_{ijk}|}{n}$$

und jeder Konzentrationsstufe in Abhängigkeit von diesem mittleren z-Score eine Klassenzahl nach folgenden Schema zugeordnet:

Im nächsten Schritt wird für jede Komponente k die Summe der Klassenzahlen über die drei Konzentrationsstufen gebildet:

$$\begin{aligned} z_{jk} \leq 2 & \quad \text{ergibt } K_{jk} = 1 \\ 2 < z_{jk} < 3 & \quad \text{ergibt } K_{jk} = 2 \\ z_{jk} \geq 3 & \quad \text{ergibt } K_{jk} = 3 \end{aligned}$$

Für jede Komponente müssen mindestens sechs Messwerte eingereicht worden sein, andernfalls gilt die Komponente als nicht erfolgreich bestimmt.

Die Ermittlung des Gesamtergebnisses sowohl der einzelnen Komponenten, als auch der Ringversuchsteilnahme insgesamt ist für den Staub- und den Gasringversuch unterschiedlich.

Staubringversuch

Eine Komponente wurde dann erfolgreich bestimmt, wenn die zugehörige Summe der Klassenzahlen ≤ 5 ist. Stehen in begründeten Einzelfällen nur die Ergebnisse für zwei Konzentrationsstufen für eine Auswertung zur Verfügung, so wird die Bestimmung dann als erfolgreich bewertet, wenn die Summe der Klassenzahlen ≤ 4 ist und die Summe der z-Scores maximal 5,2 beträgt.

Der Ringversuch gilt im Gesamtergebnis als erfolgreich bestanden, wenn die Komponente Gesamtstaub (Nr. P1) und zusätzlich mindestens 5 der 6 Schwermetall-Komponenten (Nr. P2 bis P7) erfolgreich bestimmt wurden. Teilnehmer, die die Komponente Gesamtstaub erfolgreich bestimmen, aber nicht mindestens 5 der 6 Schwermetalle, erhalten eine Staubprobe zur Nachanalyse. Der Ringversuch wird in diesem Fall als bestanden bewertet, wenn mindestens 5 der 6 Schwermetalle in der Nachanalyse erfolgreich bestimmt wurden.

Gasringversuch

Eine Komponente wurde dann erfolgreich bestimmt, wenn die zugehörige Summe der Klassenzahlen ≤ 6 ist. Stehen in begründeten Einzelfällen nur die Ergebnisse für zwei Konzentrationsstufen für eine Auswertung zur Verfügung, so wird die Bestimmung dann als erfolgreich bewertet, wenn die Summe der Klassenzahlen ≤ 4 ist.

Der Ringversuch gilt im Gesamtergebnis als erfolgreich bestanden, wenn alle ergebnis-relevanten Komponenten (Nr. G1 bis G8) erfolgreich bestimmt wurden.

Für den analytischen Teil des Ringversuchs (bei dem keine Probenahme stattfindet) werden z-Scores nach dem oben beschriebenen Verfahren berechnet. Eine der Komponenten des ETX-Standards wurde erfolgreich bestimmt, wenn

$$|z_k| < 3$$

gilt. Für ein erfolgreiches Abschneiden im analytischen Teil müssen alle 3 Komponenten erfolgreich bestimmt werden.

Geruchsringversuch

Für die Auswertung werden die Beträge der z-Scores der Ergebnisse der n Messungen einer Komponente gemittelt

$$z_{ik} = \sum_{i=1}^n \frac{|z_{ijk}|}{n}$$

Klassenzahlen oder -summen werden beim Geruchsringversuch nicht berechnet. Eine Komponente wurde dann erfolgreich bestimmt, wenn das Kriterium

$$|z_k| < 3$$

erfüllt ist. In diesem Fall wird die Komponente als „bestanden“ bewertet. Ist $|z_k| \geq 3$, oder wurden die Messergebnisse nicht fristgemäß abgegeben, wird die Komponente als „nicht bestanden“ bewertet. Der Ringversuch wird insgesamt als „bestanden“ gewertet, wenn alle Komponenten erfolgreich bestimmt wurden.

4.3.3 Ergebnismitteilung

Die Versendung der Ergebnisse als Kurzbericht in tabellarischer und in Diagrammform an die Ringversuchsteilnehmer erfolgte unter Angabe der jeweiligen Teilnehmernummer (ID-Code) spätestens sechs Wochen nach Ablauf der Abgabefrist.

5. Ergebnisse

5.1 Erreichte z-Scores

Eine kompakte Übersicht der von den Teilnehmern erreichten z-Scores findet sich in den folgenden Box-Whisker-Plots. Das Rechteck kennzeichnet dabei jeweils Werte zwischen dem 25. und dem 75. Perzentil (Interquartilsabstand), der durchgehende Strich im Rechteck den Median der Werte. Die „Antennen“ reichen vom oberen Rand der Box zum höchsten bzw. vom unteren Rand zum niedrigsten Wert, der noch im 1,5-fachen des Interquartilsabstands liegt. Werte außerhalb dieses Bereichs werden separat im Diagramm eingetragen.

Um einerseits die Leistungsfähigkeit einzelner Teilnehmer über alle Komponenten beurteilen zu können und andererseits einen Eindruck über die Qualität von Messungen für einzelne Komponenten zu erhalten, liegen die Diagramme in zwei verschiedenen Sortierungen vor; zum einen als Übersicht auf einer Seite, zum anderen sortiert nach dem jeweiligen Median der erreichten z-Scores.

Eine Auflistung der Einzelmesswerte aller Teilnehmer ist in einem separaten Dokument (Anhang zum Jahresbericht) zu finden.

5.1.1 Stoffbereich P

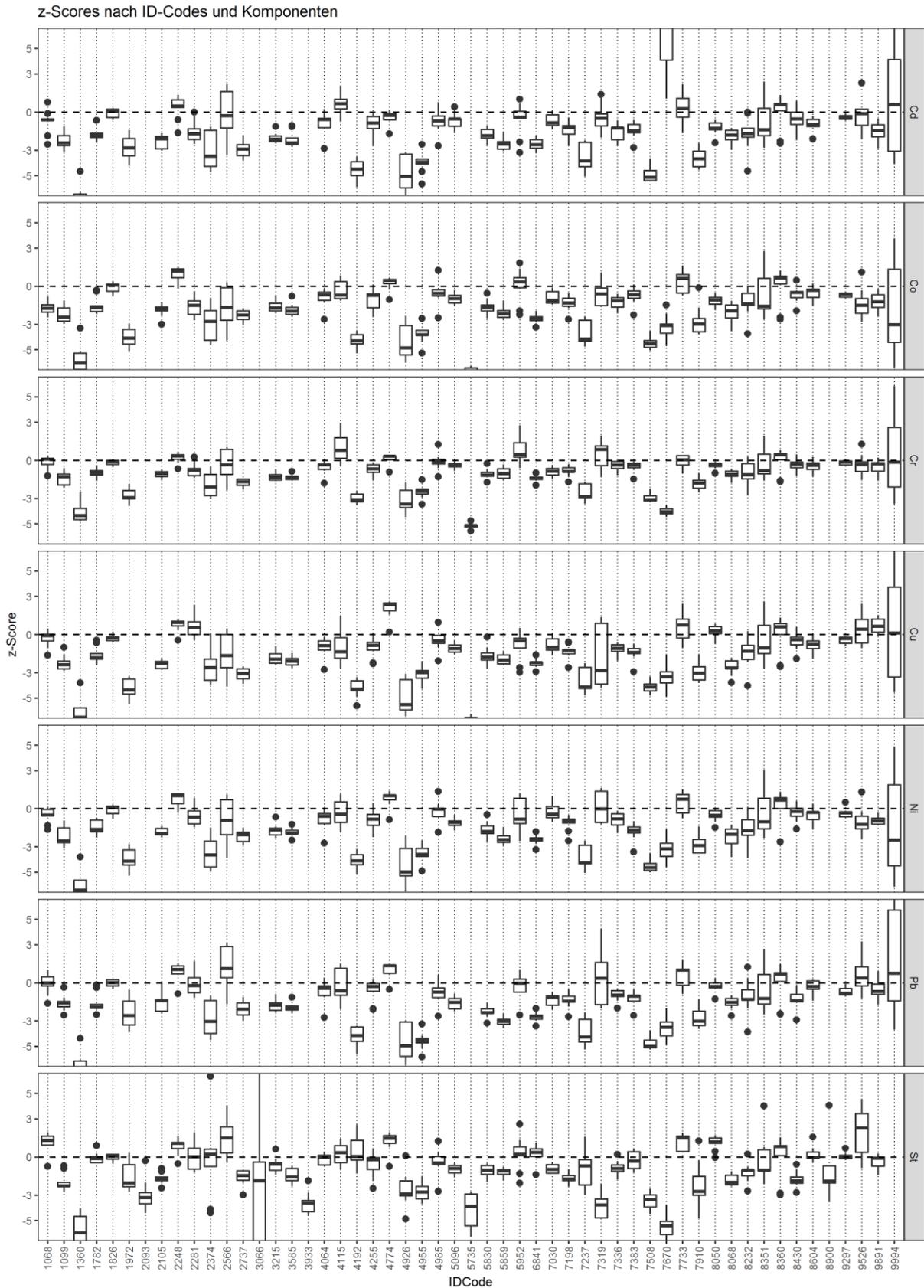
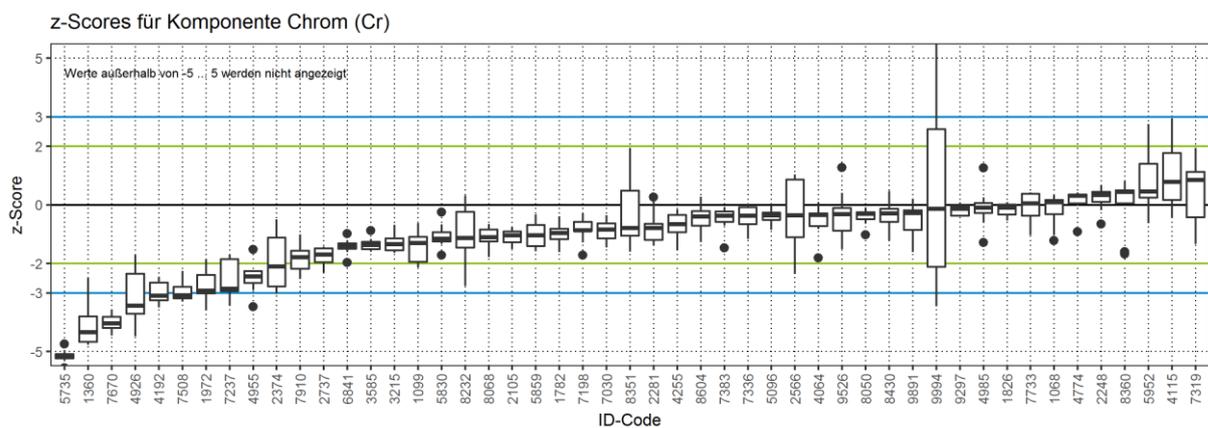
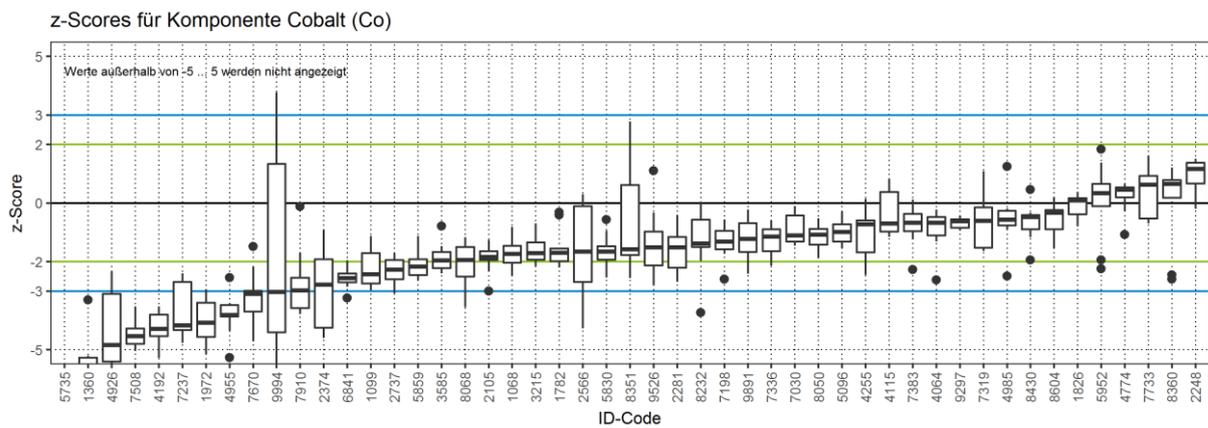
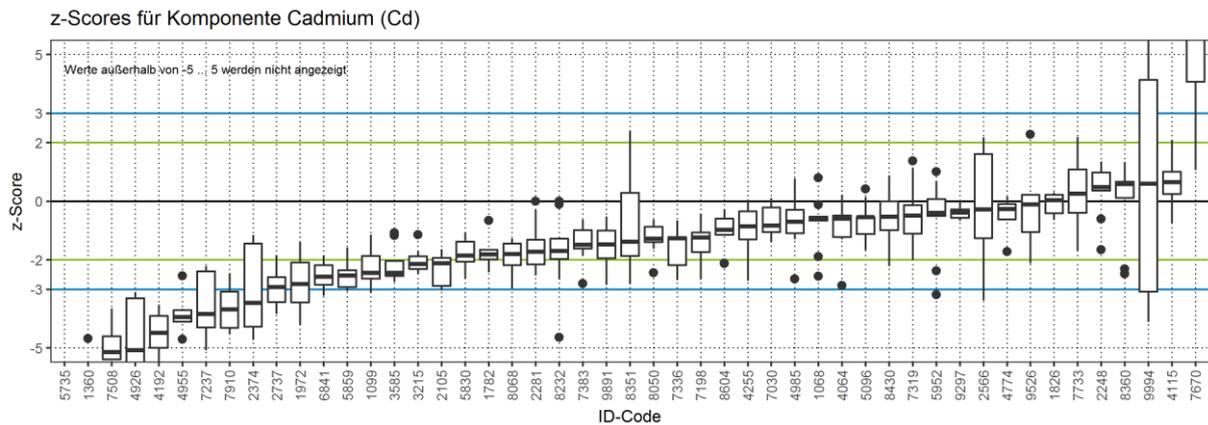
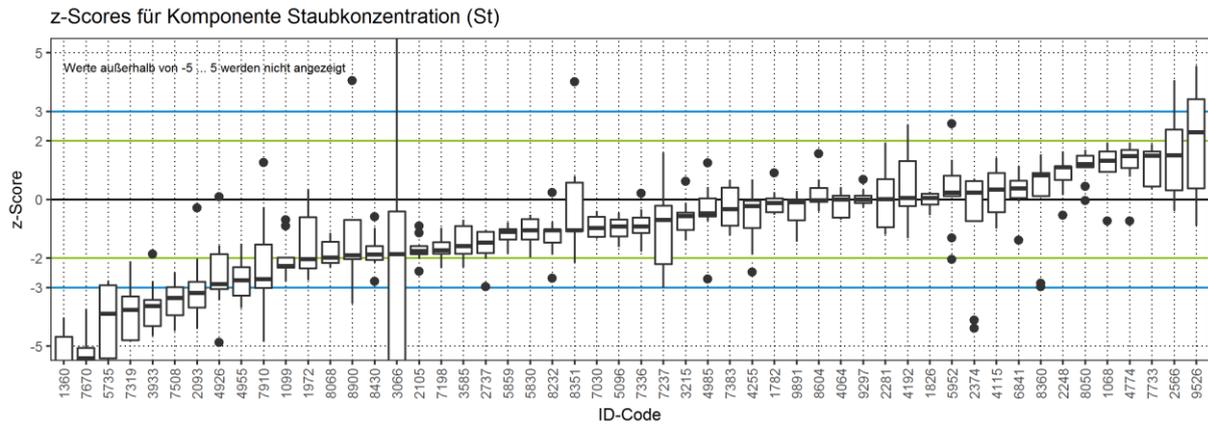
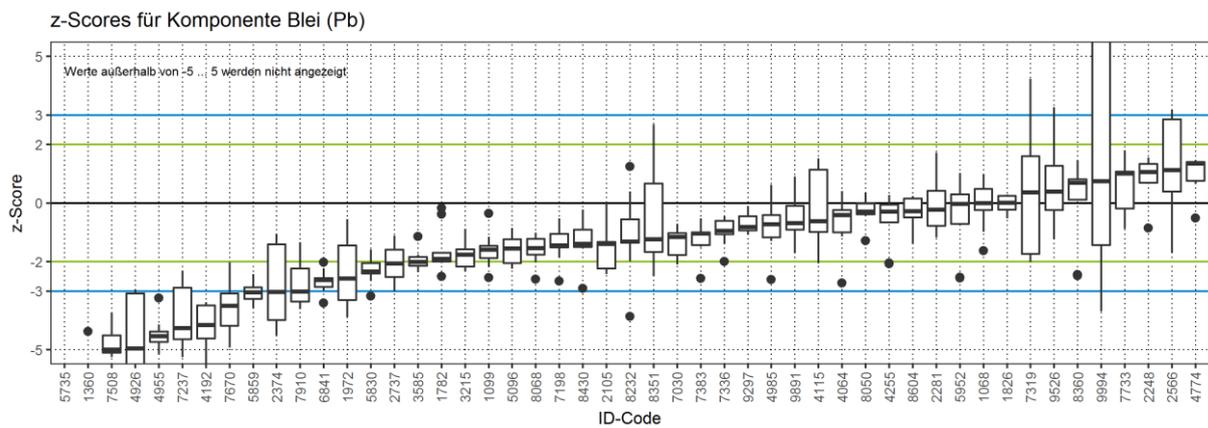
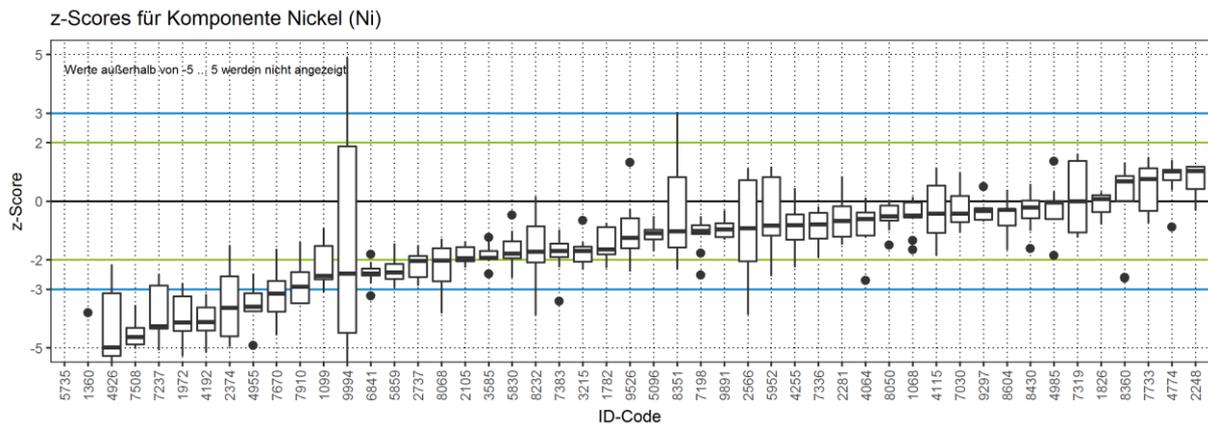
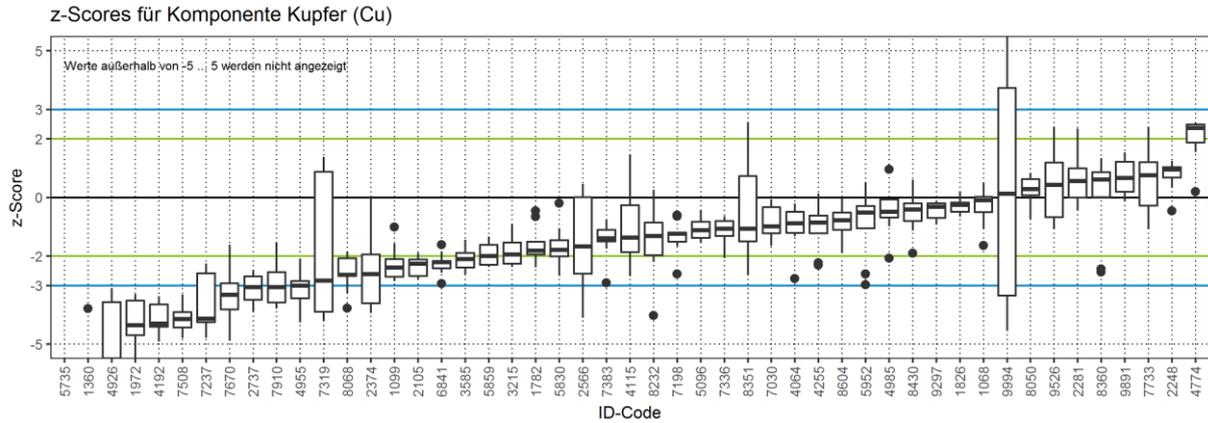


Abbildung 2: z-Scores für den Stoffbereich P (Es werden nur z-Scores im Bereich -5 ... 5 dargestellt)





5.1.2 Stoffbereich G

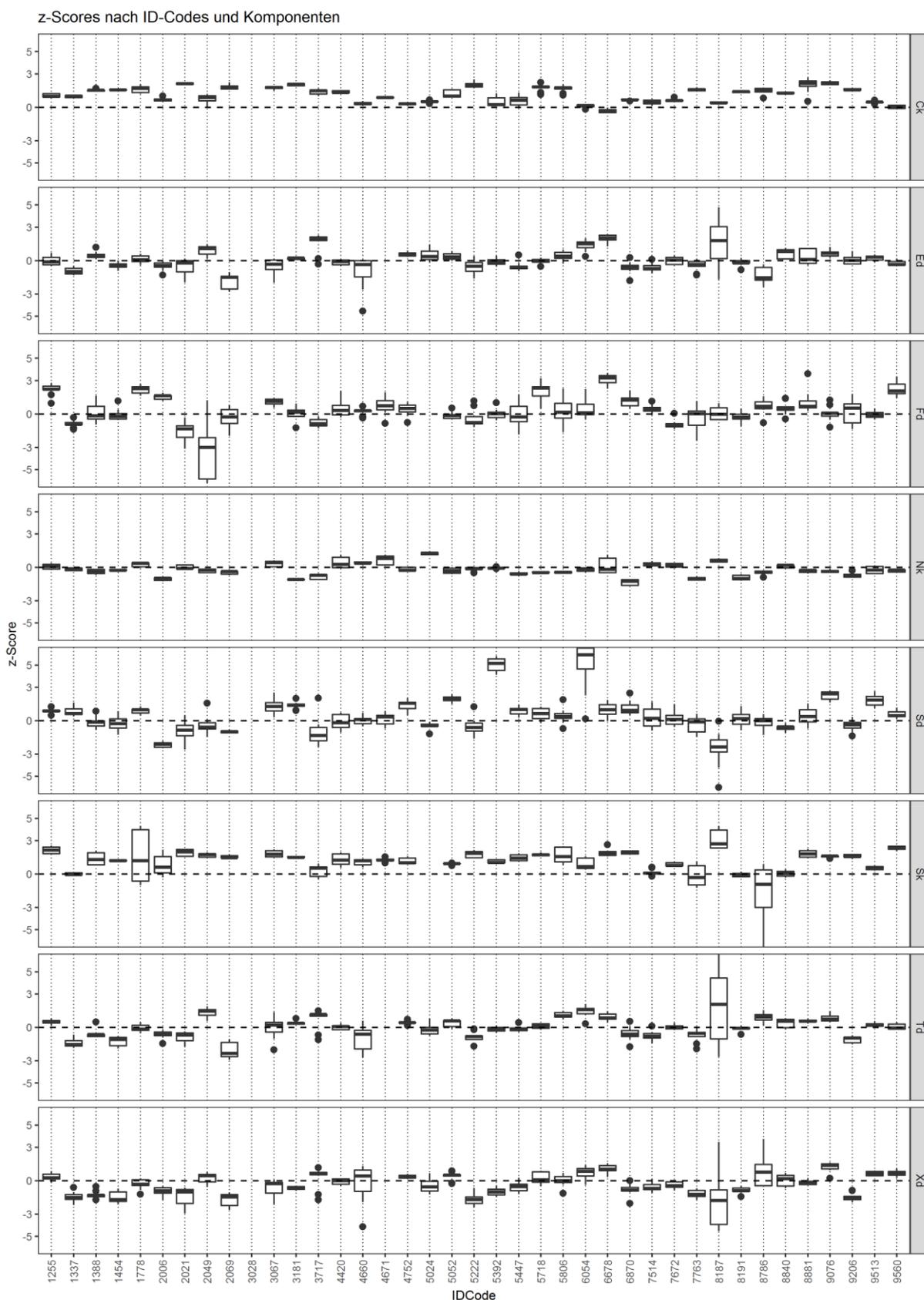


Abbildung 3: z-Scores für den Stoffbereich G (Es werden nur z-Scores im Bereich -5 ... 5 dargestellt)

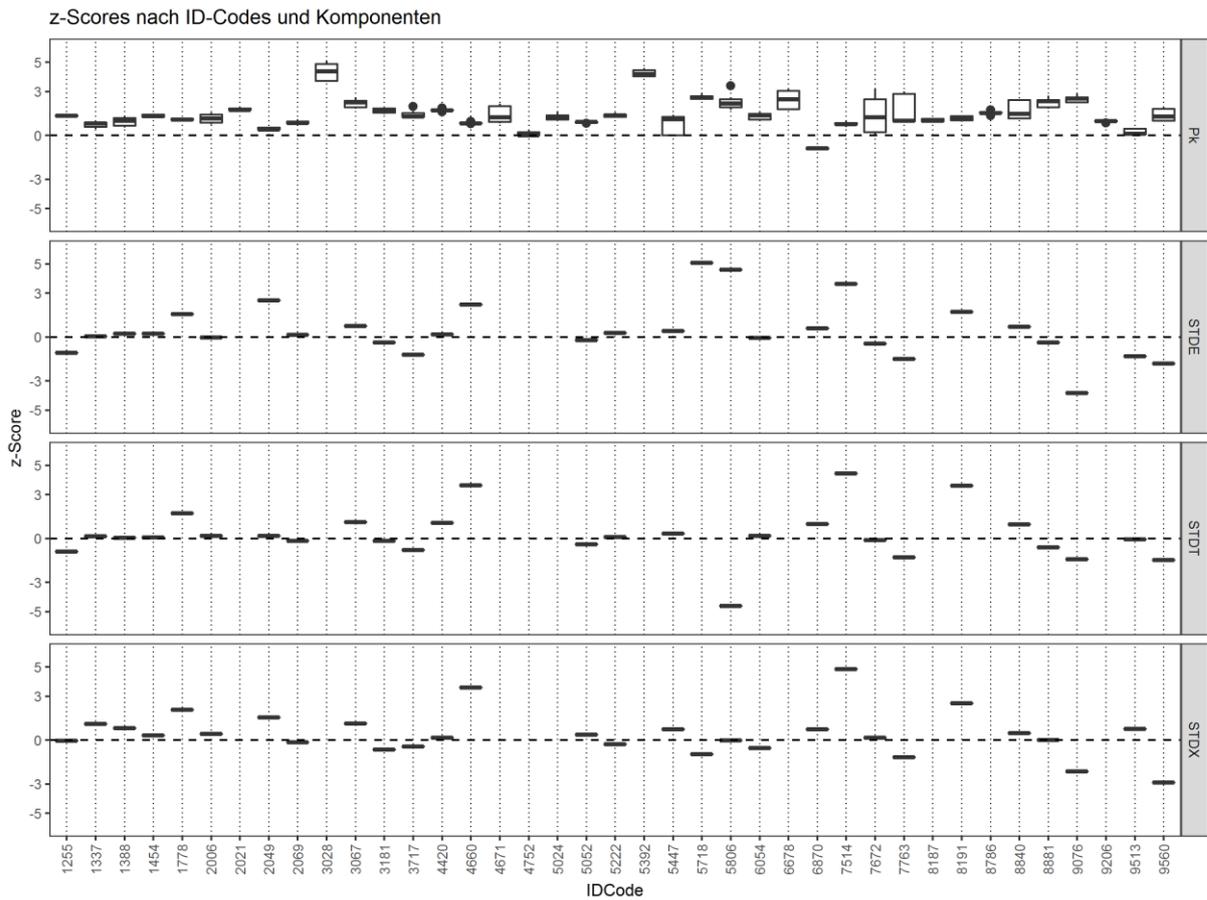
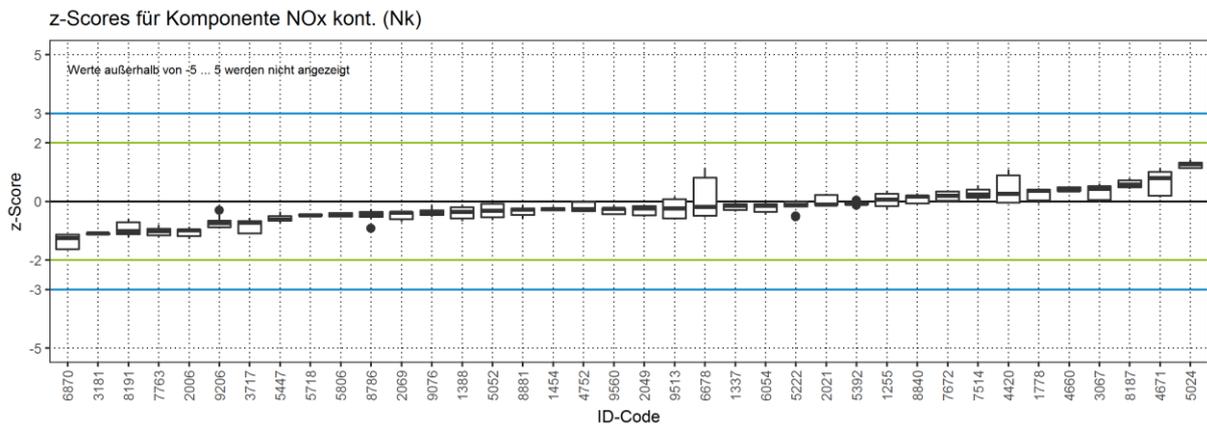
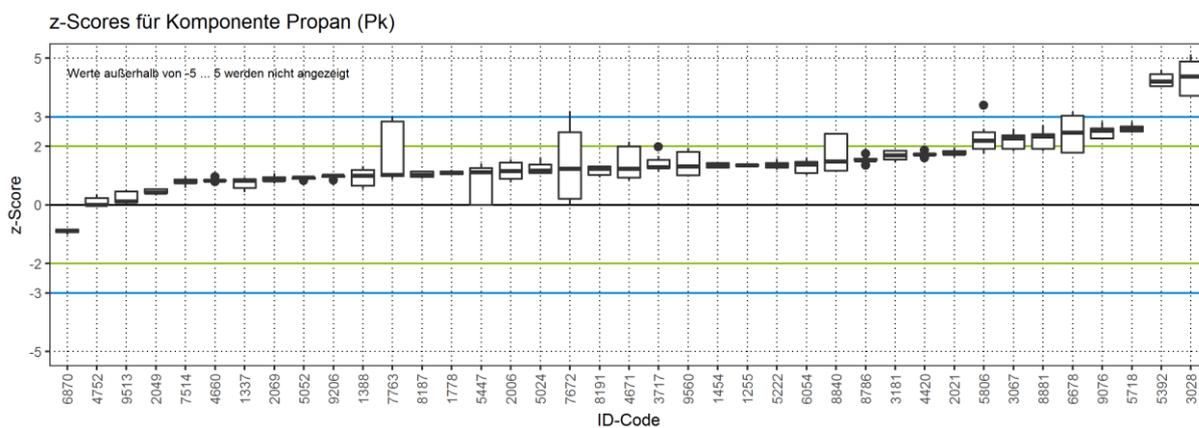
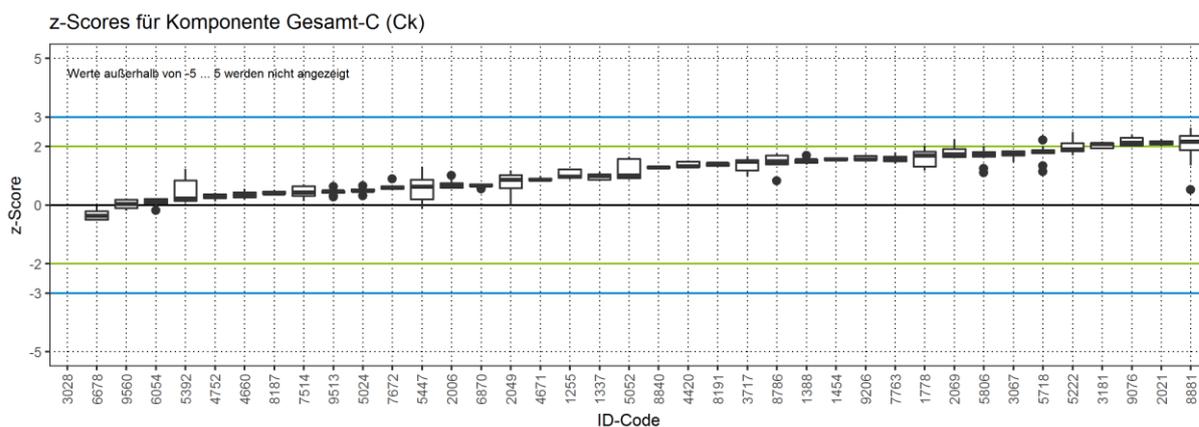
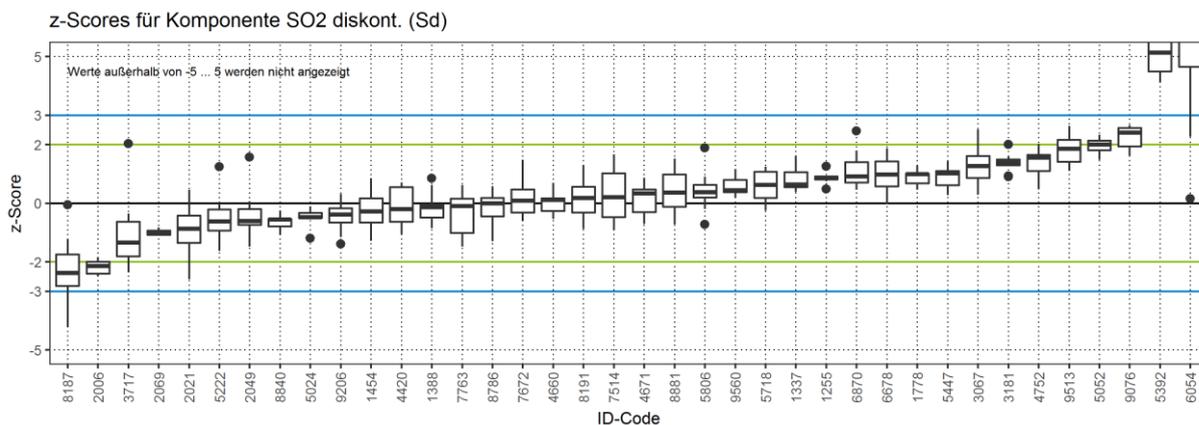
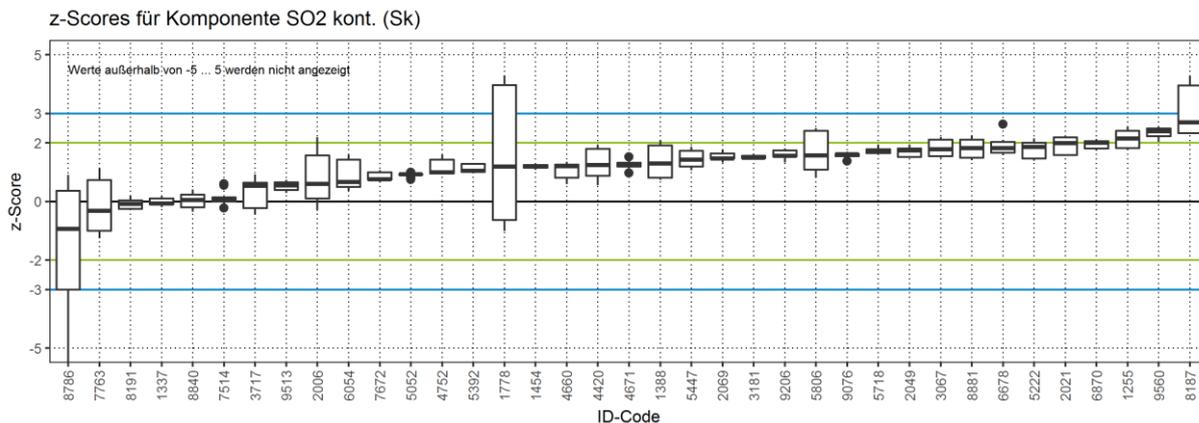
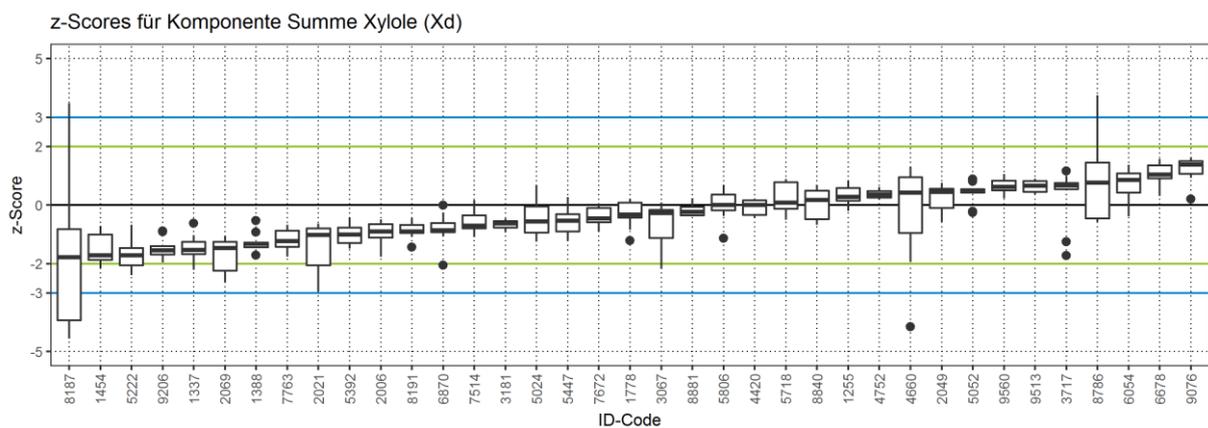
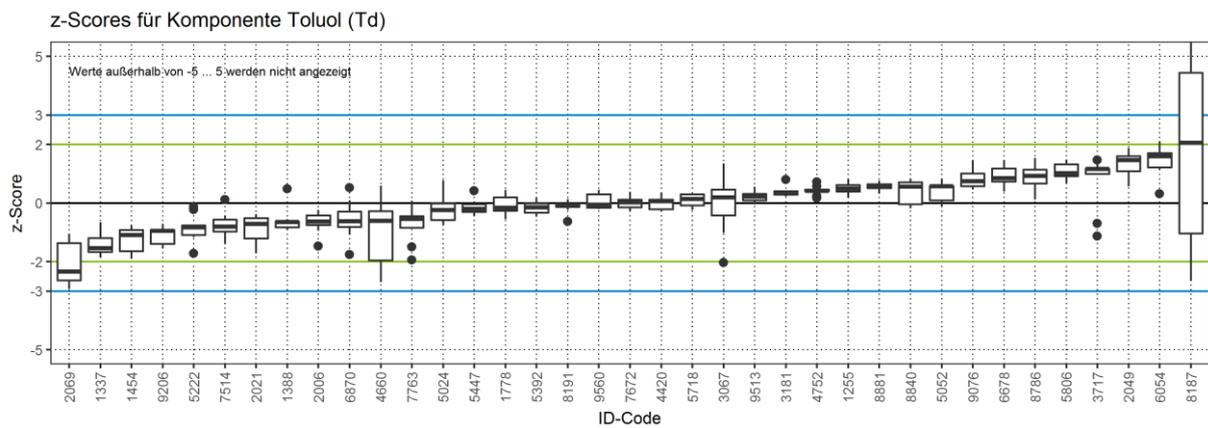
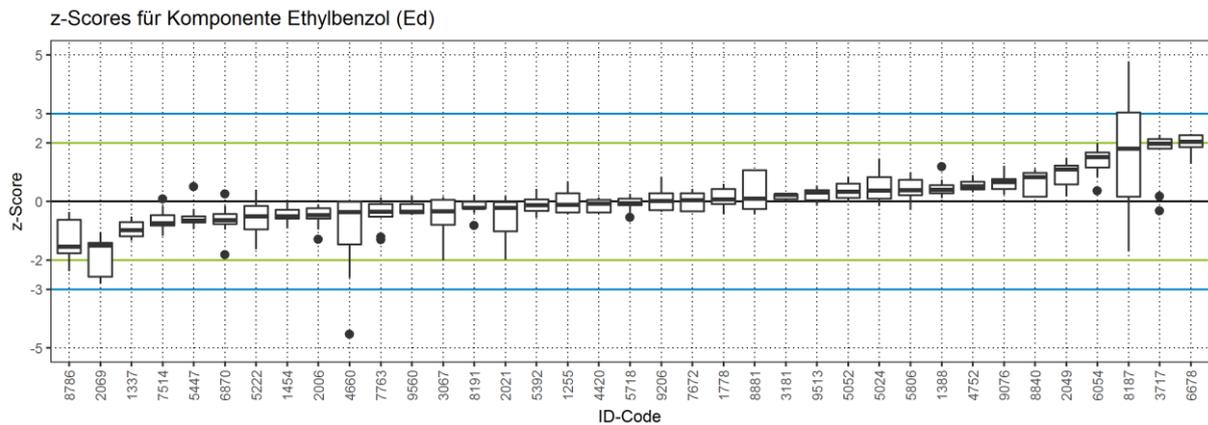
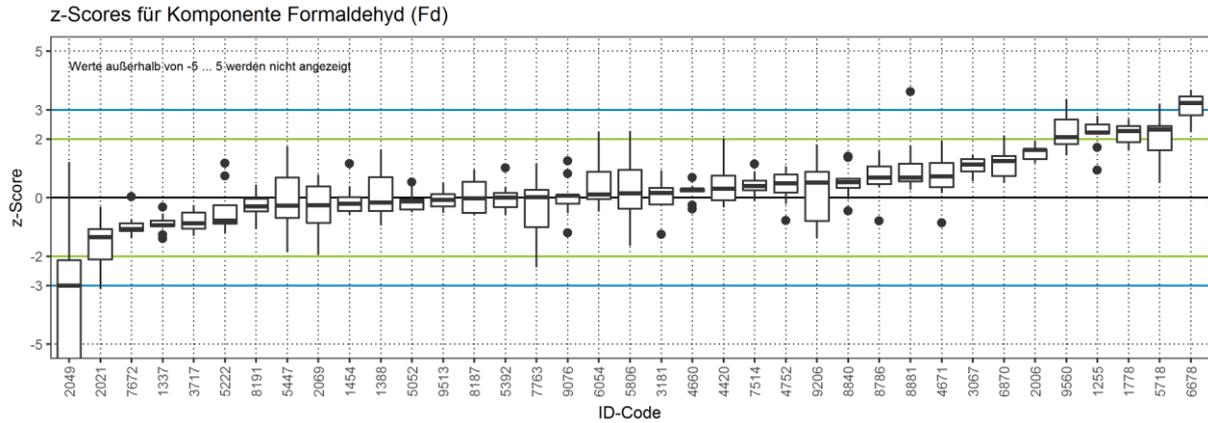
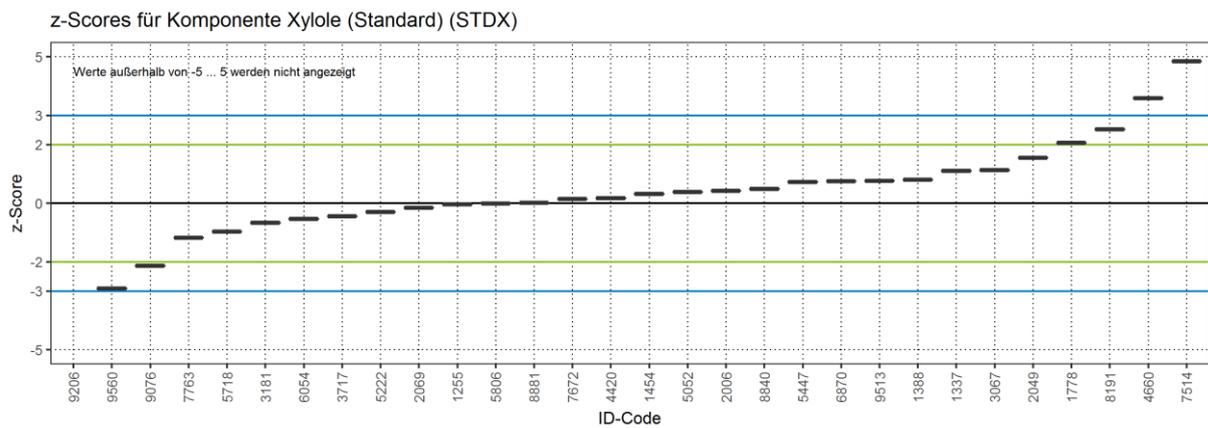
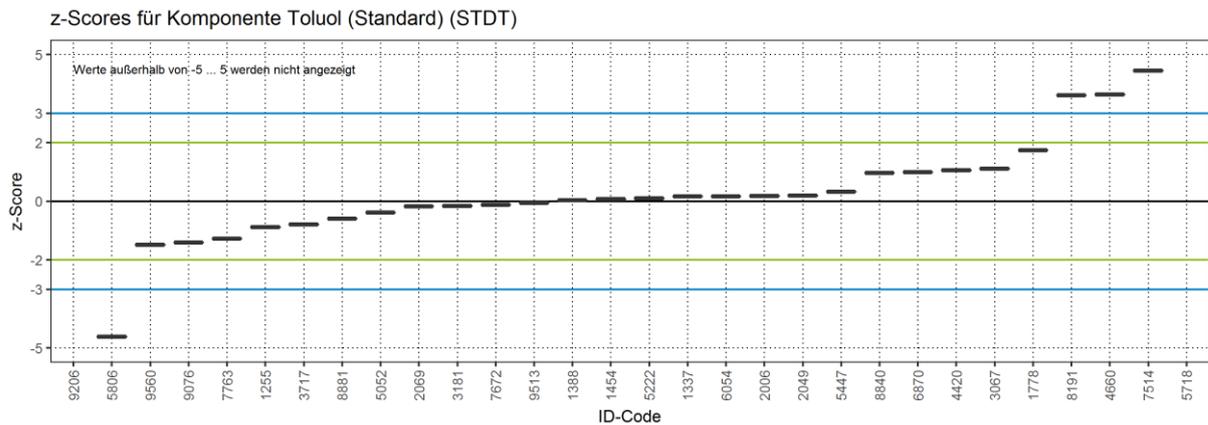
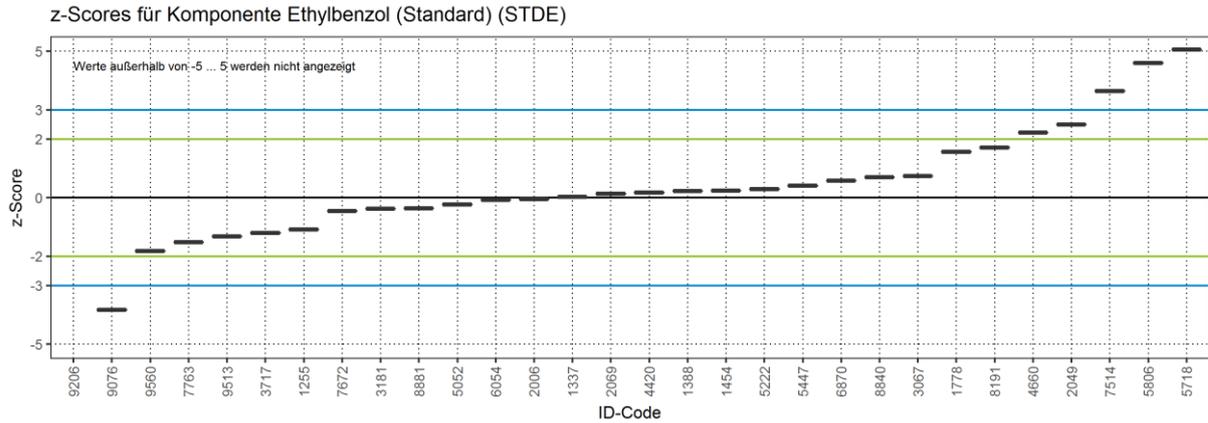


Abbildung 4: z-Scores für den Stoffbereich G, nicht bestehensrelevante Ergebnisse (Es werden nur z-Scores im Bereich -5 ... 5 dargestellt)

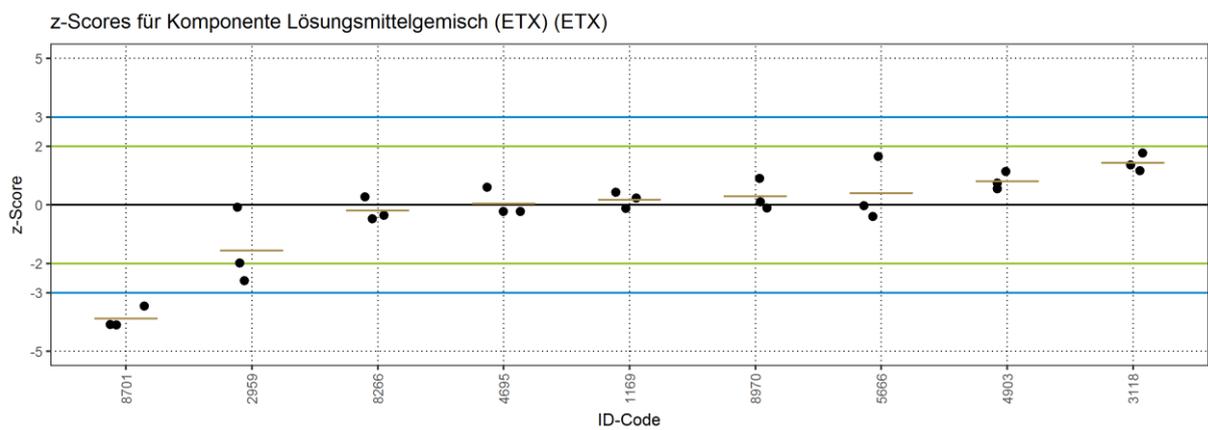
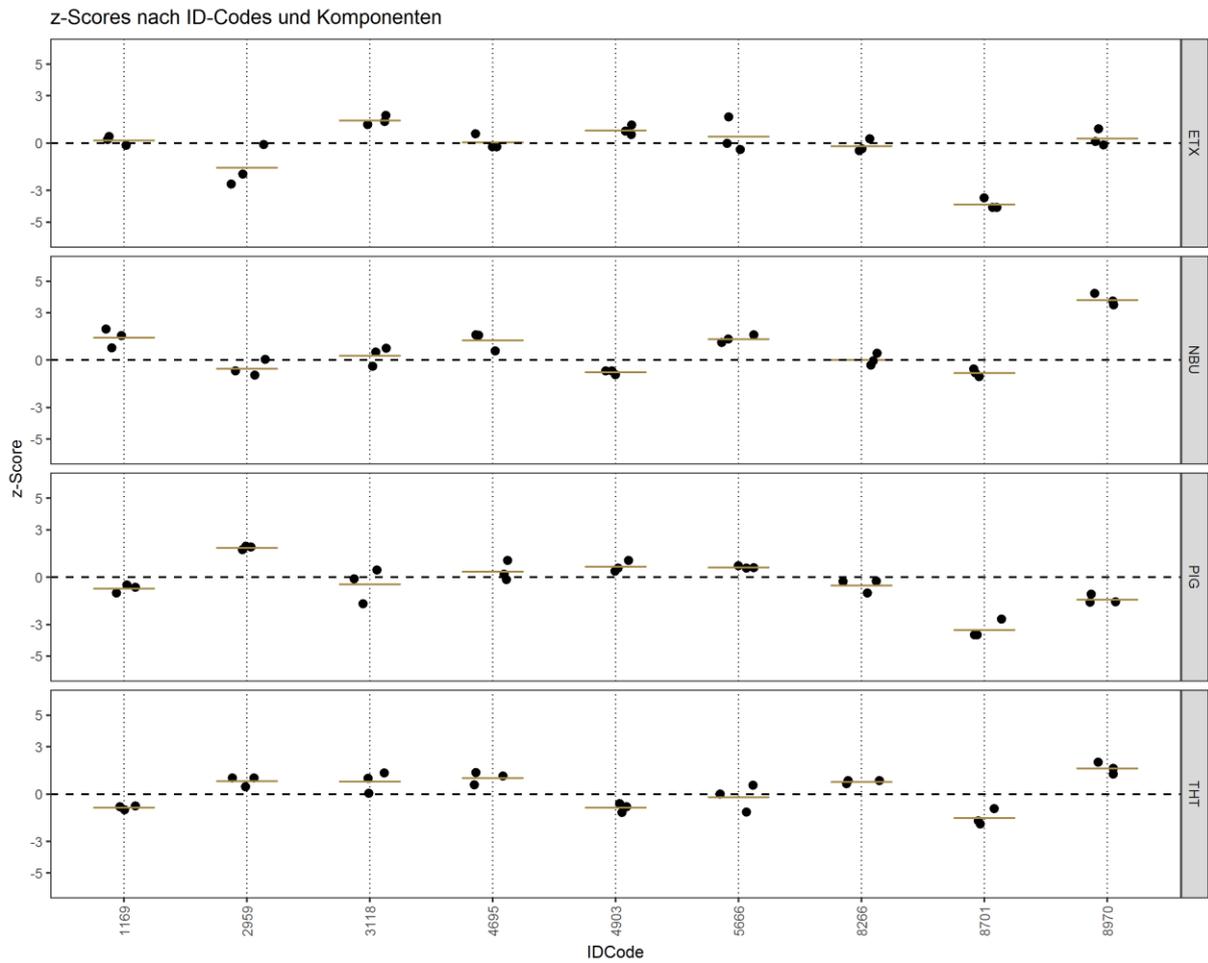


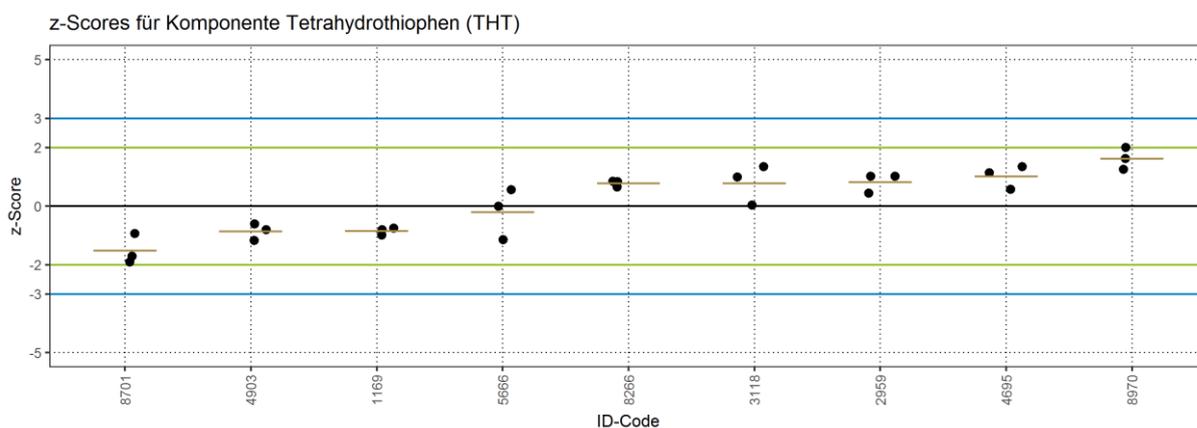
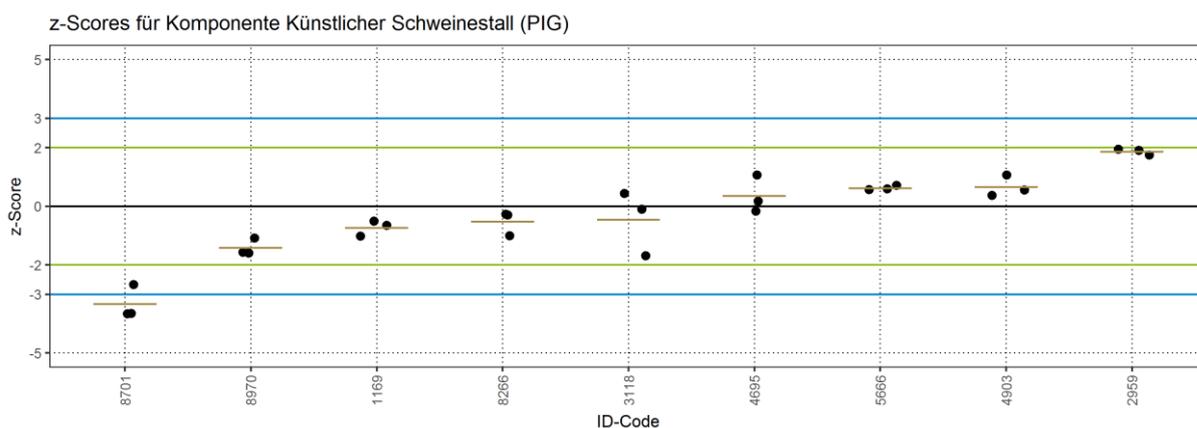
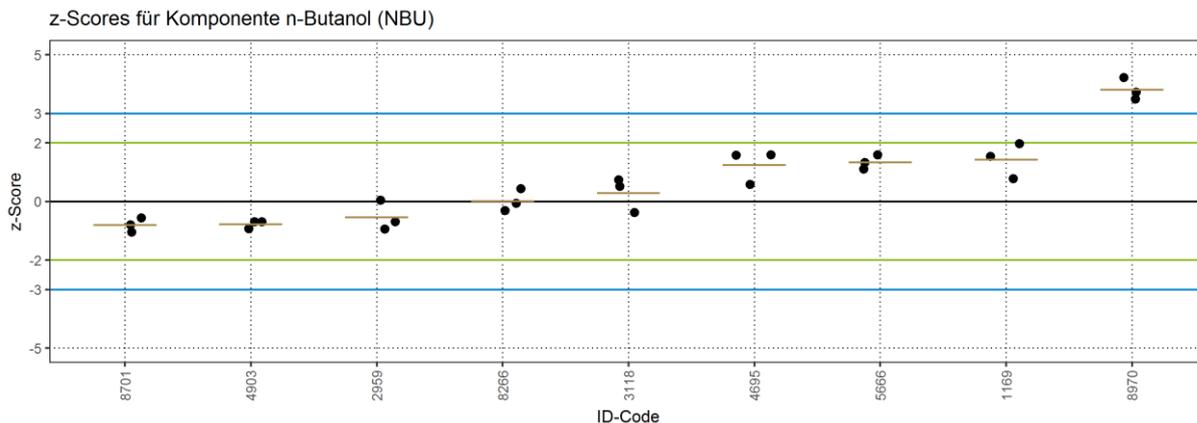






5.1.3 Stoffbereich 0





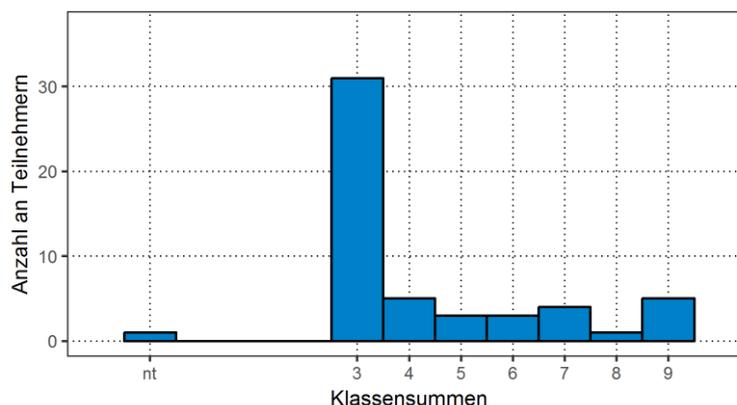
5.2 Auflistung der erreichten Klassensummen

Im Folgenden werden die vom jeweiligen Teilnehmer erreichten Klassensummen aufgelistet. Hat ein Teilnehmer bei einer Komponente nicht teilgenommen, so ist dies durch ein „nT“ gekennzeichnet. Für die Interpretation der Klassensummen sei auf Abschnitt 4.3.2 verwiesen.

5.2.1 Stoffbereich P

5.2.1.1 Staubkonzentration

Erreichte Klassensummen für Komponente St

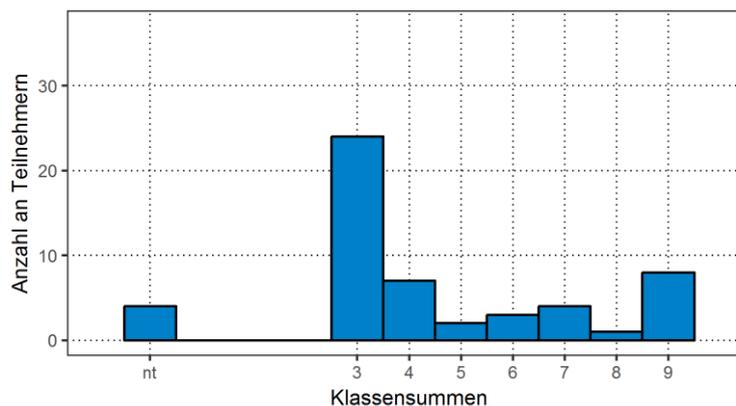


Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 441S	1099	Staubkonzentration	5
RV 441S	2105	Staubkonzentration	4
RV 441S	3215	Staubkonzentration	3
RV 441S	3585	Staubkonzentration	3
RV 441S	7237	Staubkonzentration	4
RV 441S	7336	Staubkonzentration	3
RV 441S	8068	Staubkonzentration	5
RV 443S	1782	Staubkonzentration	3
RV 443S	2737	Staubkonzentration	4
RV 443S	4115	Staubkonzentration	3
RV 443S	5830	Staubkonzentration	3
RV 443S	5859	Staubkonzentration	3
RV 443S	7383	Staubkonzentration	3
RV 443S	7508	Staubkonzentration	8
RV 443S	8360	Staubkonzentration	3
RV 445S	1068	Staubkonzentration	3
RV 445S	2248	Staubkonzentration	3
RV 445S	2281	Staubkonzentration	3
RV 445S	4774	Staubkonzentration	3
RV 445S	7733	Staubkonzentration	3
RV 445S	8050	Staubkonzentration	3
RV 445S	9891	Staubkonzentration	3
RV 447S	1826	Staubkonzentration	3
RV 447S	1972	Staubkonzentration	3
RV 447S	4255	Staubkonzentration	3
RV 447S	4955	Staubkonzentration	7
RV 447S	7030	Staubkonzentration	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 447S	7198	Staubkonzentration	3
RV 447S	8232	Staubkonzentration	3
RV 447S	8430	Staubkonzentration	4
RV 449S	2374	Staubkonzentration	4
RV 449S	4985	Staubkonzentration	3
RV 449S	5735	Staubkonzentration	9
RV 449S	7319	Staubkonzentration	9
RV 449S	7670	Staubkonzentration	9
RV 449S	9526	Staubkonzentration	6
RV 450S	1360	Staubkonzentration	9
RV 450S	2093	Staubkonzentration	7
RV 450S	3066	Staubkonzentration	7
RV 450S	3933	Staubkonzentration	9
RV 450S	4192	Staubkonzentration	3
RV 450S	4926	Staubkonzentration	6
RV 450S	7910	Staubkonzentration	6
RV 450S	8900	Staubkonzentration	7
RV 453S	4064	Staubkonzentration	3
RV 453S	8351	Staubkonzentration	3
RV 453S	9297	Staubkonzentration	3
RV 455S	2566	Staubkonzentration	5
RV 455S	5096	Staubkonzentration	3
RV 455S	5952	Staubkonzentration	3
RV 455S	6841	Staubkonzentration	3
RV 455S	8604	Staubkonzentration	3
RV 455S	9994	Staubkonzentration	nT

5.2.1.2 Cadmium

Erreichte Klassensummen für Komponente Cd

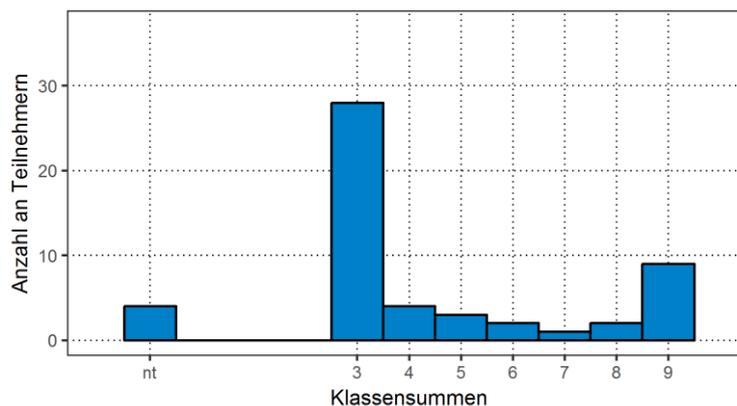


Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 441S	1099	Cadmium	5
RV 441S	2105	Cadmium	5
RV 441S	3215	Cadmium	4
RV 441S	3585	Cadmium	6
RV 441S	7237	Cadmium	8
RV 441S	7336	Cadmium	4
RV 441S	8068	Cadmium	4
RV 443S	1782	Cadmium	3
RV 443S	2737	Cadmium	7
RV 443S	4115	Cadmium	3
RV 443S	5830	Cadmium	4
RV 443S	5859	Cadmium	6
RV 443S	7383	Cadmium	3
RV 443S	7508	Cadmium	9
RV 443S	8360	Cadmium	3
RV 445S	1068	Cadmium	3
RV 445S	2248	Cadmium	3
RV 445S	2281	Cadmium	3
RV 445S	4774	Cadmium	3
RV 445S	7733	Cadmium	3
RV 445S	8050	Cadmium	3
RV 445S	9891	Cadmium	4
RV 447S	1826	Cadmium	3
RV 447S	1972	Cadmium	7
RV 447S	4255	Cadmium	3
RV 447S	4955	Cadmium	9
RV 447S	7030	Cadmium	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 447S	7198	Cadmium	3
RV 447S	8232	Cadmium	4
RV 447S	8430	Cadmium	3
RV 449S	2374	Cadmium	7
RV 449S	4985	Cadmium	3
RV 449S	5735	Cadmium	9
RV 449S	7319	Cadmium	3
RV 449S	7670	Cadmium	9
RV 449S	9526	Cadmium	3
RV 450S	1360	Cadmium	9
RV 450S	2093	Cadmium	nT
RV 450S	3066	Cadmium	nT
RV 450S	3933	Cadmium	nT
RV 450S	4192	Cadmium	9
RV 450S	4926	Cadmium	9
RV 450S	7910	Cadmium	9
RV 450S	8900	Cadmium	nT
RV 453S	4064	Cadmium	3
RV 453S	8351	Cadmium	3
RV 453S	9297	Cadmium	3
RV 455S	2566	Cadmium	4
RV 455S	5096	Cadmium	3
RV 455S	5952	Cadmium	3
RV 455S	6841	Cadmium	6
RV 455S	8604	Cadmium	3
RV 455S	9994	Cadmium	7

5.2.1.3 Cobalt

Erreichte Klassensummen für Komponente Co

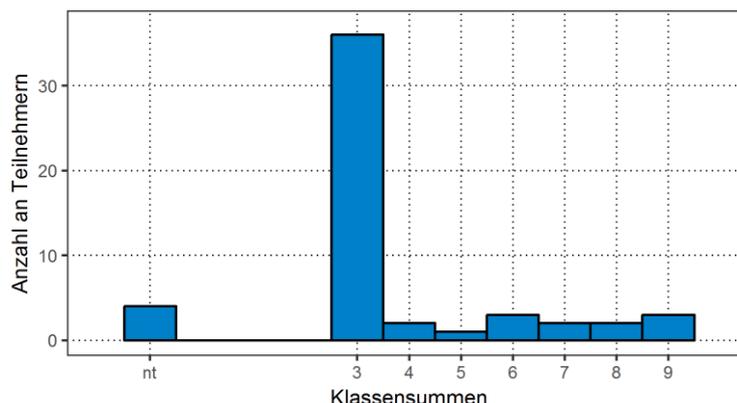


Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 441S	1099	Cobalt	5
RV 441S	2105	Cobalt	4
RV 441S	3215	Cobalt	3
RV 441S	3585	Cobalt	3
RV 441S	7237	Cobalt	9
RV 441S	7336	Cobalt	3
RV 441S	8068	Cobalt	5
RV 443S	1782	Cobalt	3
RV 443S	2737	Cobalt	6
RV 443S	4115	Cobalt	3
RV 443S	5830	Cobalt	3
RV 443S	5859	Cobalt	5
RV 443S	7383	Cobalt	3
RV 443S	7508	Cobalt	9
RV 443S	8360	Cobalt	3
RV 445S	1068	Cobalt	4
RV 445S	2248	Cobalt	3
RV 445S	2281	Cobalt	3
RV 445S	4774	Cobalt	3
RV 445S	7733	Cobalt	3
RV 445S	8050	Cobalt	3
RV 445S	9891	Cobalt	3
RV 447S	1826	Cobalt	3
RV 447S	1972	Cobalt	9
RV 447S	4255	Cobalt	3
RV 447S	4955	Cobalt	9
RV 447S	7030	Cobalt	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 447S	7198	Cobalt	3
RV 447S	8232	Cobalt	3
RV 447S	8430	Cobalt	3
RV 449S	2374	Cobalt	7
RV 449S	4985	Cobalt	3
RV 449S	5735	Cobalt	9
RV 449S	7319	Cobalt	3
RV 449S	7670	Cobalt	8
RV 449S	9526	Cobalt	4
RV 450S	1360	Cobalt	9
RV 450S	2093	Cobalt	nT
RV 450S	3066	Cobalt	nT
RV 450S	3933	Cobalt	nT
RV 450S	4192	Cobalt	9
RV 450S	4926	Cobalt	9
RV 450S	7910	Cobalt	8
RV 450S	8900	Cobalt	nT
RV 453S	4064	Cobalt	3
RV 453S	8351	Cobalt	3
RV 453S	9297	Cobalt	3
RV 455S	2566	Cobalt	4
RV 455S	5096	Cobalt	3
RV 455S	5952	Cobalt	3
RV 455S	6841	Cobalt	6
RV 455S	8604	Cobalt	3
RV 455S	9994	Cobalt	9

5.2.1.4 Chrom

Erreichte Klassensummen für Komponente Cr

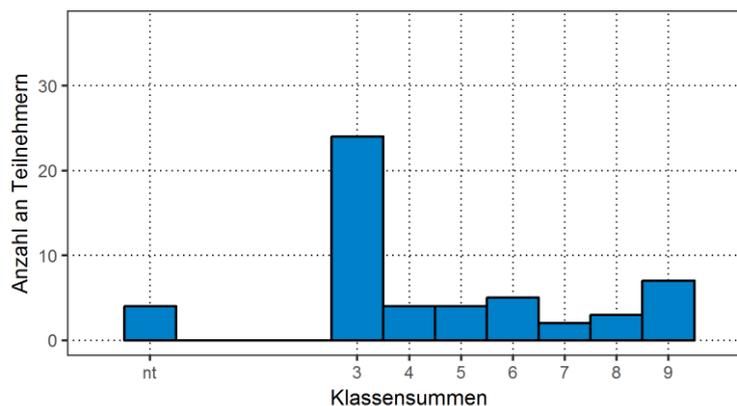


Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 441S	1099	Chrom	3
RV 441S	2105	Chrom	3
RV 441S	3215	Chrom	3
RV 441S	3585	Chrom	3
RV 441S	7237	Chrom	6
RV 441S	7336	Chrom	3
RV 441S	8068	Chrom	3
RV 443S	1782	Chrom	3
RV 443S	2737	Chrom	4
RV 443S	4115	Chrom	3
RV 443S	5830	Chrom	3
RV 443S	5859	Chrom	3
RV 443S	7383	Chrom	3
RV 443S	7508	Chrom	7
RV 443S	8360	Chrom	3
RV 445S	1068	Chrom	3
RV 445S	2248	Chrom	3
RV 445S	2281	Chrom	3
RV 445S	4774	Chrom	3
RV 445S	7733	Chrom	3
RV 445S	8050	Chrom	3
RV 445S	9891	Chrom	3
RV 447S	1826	Chrom	3
RV 447S	1972	Chrom	7
RV 447S	4255	Chrom	3
RV 447S	4955	Chrom	6
RV 447S	7030	Chrom	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 447S	7198	Chrom	3
RV 447S	8232	Chrom	3
RV 447S	8430	Chrom	3
RV 449S	2374	Chrom	4
RV 449S	4985	Chrom	3
RV 449S	5735	Chrom	9
RV 449S	7319	Chrom	3
RV 449S	7670	Chrom	9
RV 449S	9526	Chrom	3
RV 450S	1360	Chrom	9
RV 450S	2093	Chrom	nT
RV 450S	3066	Chrom	nT
RV 450S	3933	Chrom	nT
RV 450S	4192	Chrom	8
RV 450S	4926	Chrom	8
RV 450S	7910	Chrom	5
RV 450S	8900	Chrom	nT
RV 453S	4064	Chrom	3
RV 453S	8351	Chrom	3
RV 453S	9297	Chrom	3
RV 455S	2566	Chrom	3
RV 455S	5096	Chrom	3
RV 455S	5952	Chrom	3
RV 455S	6841	Chrom	3
RV 455S	8604	Chrom	3
RV 455S	9994	Chrom	6

5.2.1.5 Kupfer

Erreichte Klassensummen für Komponente Cu

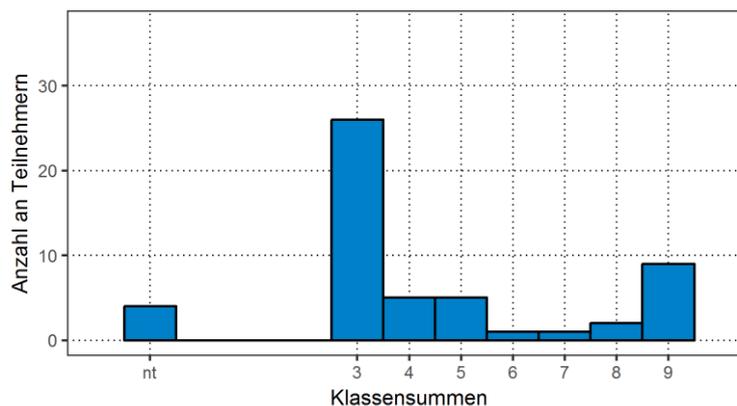


Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 441S	1099	Kupfer	5
RV 441S	2105	Kupfer	6
RV 441S	3215	Kupfer	4
RV 441S	3585	Kupfer	5
RV 441S	7237	Kupfer	9
RV 441S	7336	Kupfer	3
RV 441S	8068	Kupfer	6
RV 443S	1782	Kupfer	3
RV 443S	2737	Kupfer	7
RV 443S	4115	Kupfer	4
RV 443S	5830	Kupfer	3
RV 443S	5859	Kupfer	5
RV 443S	7383	Kupfer	3
RV 443S	7508	Kupfer	9
RV 443S	8360	Kupfer	3
RV 445S	1068	Kupfer	3
RV 445S	2248	Kupfer	3
RV 445S	2281	Kupfer	3
RV 445S	4774	Kupfer	5
RV 445S	7733	Kupfer	3
RV 445S	8050	Kupfer	3
RV 445S	9891	Kupfer	3
RV 447S	1826	Kupfer	3
RV 447S	1972	Kupfer	9
RV 447S	4255	Kupfer	3
RV 447S	4955	Kupfer	8
RV 447S	7030	Kupfer	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 447S	7198	Kupfer	3
RV 447S	8232	Kupfer	4
RV 447S	8430	Kupfer	3
RV 449S	2374	Kupfer	6
RV 449S	4985	Kupfer	3
RV 449S	5735	Kupfer	9
RV 449S	7319	Kupfer	6
RV 449S	7670	Kupfer	8
RV 449S	9526	Kupfer	3
RV 450S	1360	Kupfer	9
RV 450S	2093	Kupfer	nT
RV 450S	3066	Kupfer	nT
RV 450S	3933	Kupfer	nT
RV 450S	4192	Kupfer	9
RV 450S	4926	Kupfer	9
RV 450S	7910	Kupfer	8
RV 450S	8900	Kupfer	nT
RV 453S	4064	Kupfer	3
RV 453S	8351	Kupfer	3
RV 453S	9297	Kupfer	3
RV 455S	2566	Kupfer	4
RV 455S	5096	Kupfer	3
RV 455S	5952	Kupfer	3
RV 455S	6841	Kupfer	6
RV 455S	8604	Kupfer	3
RV 455S	9994	Kupfer	7

5.2.1.6 Nickel

Erreichte Klassensummen für Komponente Ni

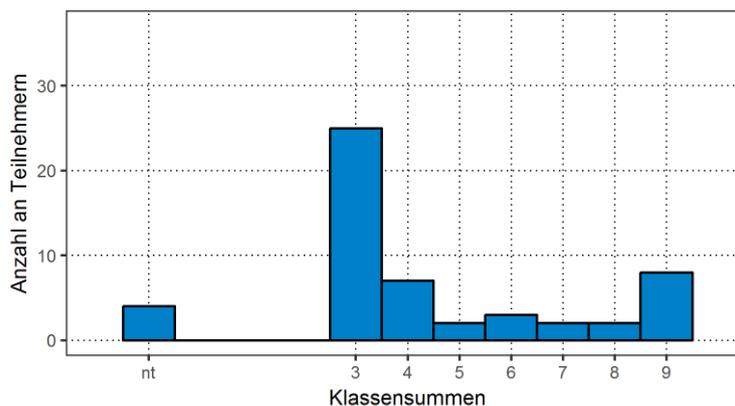


Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 441S	1099	Nickel	5
RV 441S	2105	Nickel	4
RV 441S	3215	Nickel	4
RV 441S	3585	Nickel	4
RV 441S	7237	Nickel	9
RV 441S	7336	Nickel	3
RV 441S	8068	Nickel	5
RV 443S	1782	Nickel	3
RV 443S	2737	Nickel	5
RV 443S	4115	Nickel	3
RV 443S	5830	Nickel	3
RV 443S	5859	Nickel	5
RV 443S	7383	Nickel	4
RV 443S	7508	Nickel	9
RV 443S	8360	Nickel	3
RV 445S	1068	Nickel	3
RV 445S	2248	Nickel	3
RV 445S	2281	Nickel	3
RV 445S	4774	Nickel	3
RV 445S	7733	Nickel	3
RV 445S	8050	Nickel	3
RV 445S	9891	Nickel	3
RV 447S	1826	Nickel	3
RV 447S	1972	Nickel	9
RV 447S	4255	Nickel	3
RV 447S	4955	Nickel	9
RV 447S	7030	Nickel	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 447S	7198	Nickel	3
RV 447S	8232	Nickel	4
RV 447S	8430	Nickel	3
RV 449S	2374	Nickel	9
RV 449S	4985	Nickel	3
RV 449S	5735	Nickel	9
RV 449S	7319	Nickel	5
RV 449S	7670	Nickel	8
RV 449S	9526	Nickel	3
RV 450S	1360	Nickel	9
RV 450S	2093	Nickel	nT
RV 450S	3066	Nickel	nT
RV 450S	3933	Nickel	nT
RV 450S	4192	Nickel	9
RV 450S	4926	Nickel	9
RV 450S	7910	Nickel	7
RV 450S	8900	Nickel	nT
RV 453S	4064	Nickel	3
RV 453S	8351	Nickel	3
RV 453S	9297	Nickel	3
RV 455S	2566	Nickel	3
RV 455S	5096	Nickel	3
RV 455S	5952	Nickel	3
RV 455S	6841	Nickel	6
RV 455S	8604	Nickel	3
RV 455S	9994	Nickel	8

5.2.1.7 Blei

Erreichte Klassensummen für Komponente Pb



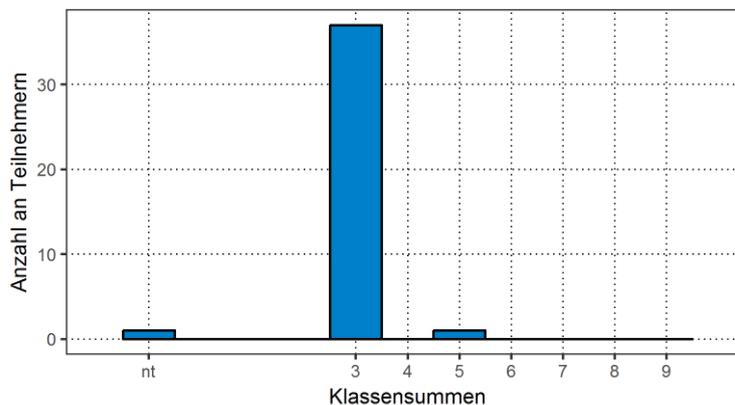
Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 441S	1099	Blei	4
RV 441S	2105	Blei	3
RV 441S	3215	Blei	4
RV 441S	3585	Blei	4
RV 441S	7237	Blei	9
RV 441S	7336	Blei	3
RV 441S	8068	Blei	3
RV 443S	1782	Blei	4
RV 443S	2737	Blei	4
RV 443S	4115	Blei	3
RV 443S	5830	Blei	6
RV 443S	5859	Blei	8
RV 443S	7383	Blei	3
RV 443S	7508	Blei	9
RV 443S	8360	Blei	3
RV 445S	1068	Blei	3
RV 445S	2248	Blei	3
RV 445S	2281	Blei	3
RV 445S	4774	Blei	3
RV 445S	7733	Blei	3
RV 445S	8050	Blei	3
RV 445S	9891	Blei	3
RV 447S	1826	Blei	3
RV 447S	1972	Blei	6
RV 447S	4255	Blei	3
RV 447S	4955	Blei	9
RV 447S	7030	Blei	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 447S	7198	Blei	3
RV 447S	8232	Blei	4
RV 447S	8430	Blei	3
RV 449S	2374	Blei	7
RV 449S	4985	Blei	3
RV 449S	5735	Blei	9
RV 449S	7319	Blei	5
RV 449S	7670	Blei	9
RV 449S	9526	Blei	3
RV 450S	1360	Blei	9
RV 450S	2093	Blei	nT
RV 450S	3066	Blei	nT
RV 450S	3933	Blei	nT
RV 450S	4192	Blei	9
RV 450S	4926	Blei	9
RV 450S	7910	Blei	8
RV 450S	8900	Blei	nT
RV 453S	4064	Blei	3
RV 453S	8351	Blei	3
RV 453S	9297	Blei	3
RV 455S	2566	Blei	5
RV 455S	5096	Blei	4
RV 455S	5952	Blei	3
RV 455S	6841	Blei	6
RV 455S	8604	Blei	3
RV 455S	9994	Blei	7

5.2.2 Stoffbereich G

5.2.2.1 Stickoxide

Erreichte Klassensummen für Komponente Nk



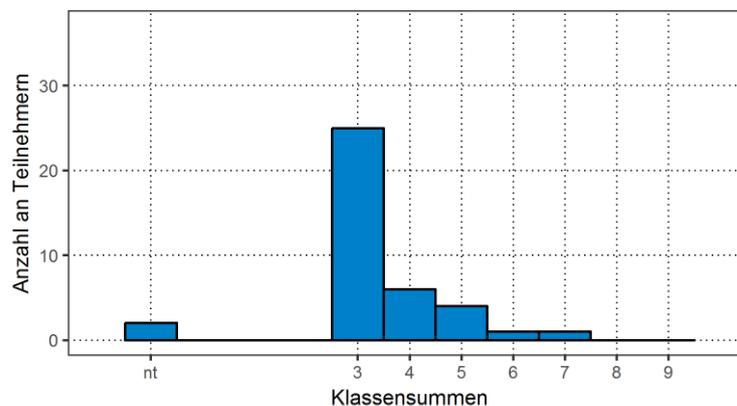
Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 442G	1255	NOx kont.	3
RV 442G	1778	NOx kont.	3
RV 442G	3067	NOx kont.	3
RV 442G	5718	NOx kont.	3
RV 442G	5806	NOx kont.	3
RV 442G	6054	NOx kont.	3
RV 442G	8881	NOx kont.	3
RV 442G	9560	NOx kont.	3
RV 444G	1337	NOx kont.	3
RV 444G	3717	NOx kont.	3
RV 444G	4420	NOx kont.	3
RV 444G	4671	NOx kont.	3
RV 444G	5447	NOx kont.	3
RV 444G	7514	NOx kont.	3
RV 444G	7763	NOx kont.	3
RV 444G	8840	NOx kont.	3
RV 446G	1388	NOx kont.	3
RV 446G	1454	NOx kont.	3
RV 446G	2069	NOx kont.	3
RV 446G	4660	NOx kont.	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 446G	5222	NOx kont.	5
RV 446G	9206	NOx kont.	3
RV 446G	9513	NOx kont.	3
RV 448G	2006	NOx kont.	3
RV 448G	2049	NOx kont.	3
RV 448G	3181	NOx kont.	3
RV 448G	5052	NOx kont.	3
RV 448G	6870	NOx kont.	3
RV 448G	7672	NOx kont.	3
RV 448G	8191	NOx kont.	3
RV 448G	9076	NOx kont.	3
RV 454G	2021	NOx kont.	3
RV 454G	4752	NOx kont.	3
RV 454G	5024	NOx kont.	3
RV 454G	5392	NOx kont.	3
RV 454G	8187	NOx kont.	3
RV 456G	3028	NOx kont.	nT
RV 456G	6678	NOx kont.	3
RV 456G	8786	NOx kont.	3

5.2.2.3 Schwefeldioxid

Kontinuierliche Messung

Erreichte Klassensummen für Komponente Sk

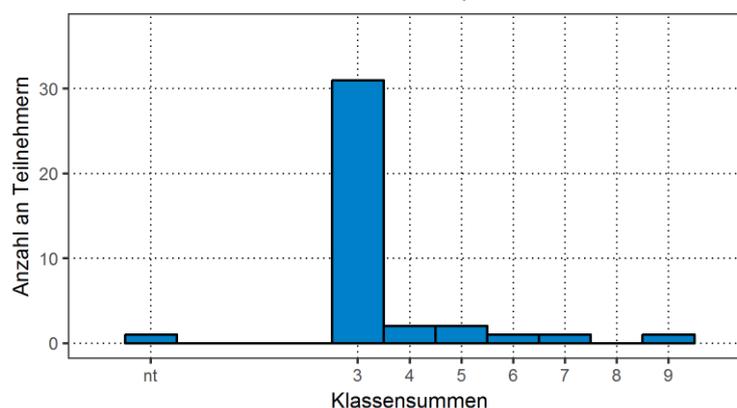


Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 442G	1255	SO2 kont.	5
RV 442G	1778	SO2 kont.	5
RV 442G	3067	SO2 kont.	4
RV 442G	5718	SO2 kont.	3
RV 442G	5806	SO2 kont.	4
RV 442G	6054	SO2 kont.	3
RV 442G	8881	SO2 kont.	4
RV 442G	9560	SO2 kont.	6
RV 444G	1337	SO2 kont.	3
RV 444G	3717	SO2 kont.	3
RV 444G	4420	SO2 kont.	3
RV 444G	4671	SO2 kont.	3
RV 444G	5447	SO2 kont.	3
RV 444G	7514	SO2 kont.	3
RV 444G	7763	SO2 kont.	3
RV 444G	8840	SO2 kont.	3
RV 446G	1388	SO2 kont.	3
RV 446G	1454	SO2 kont.	3
RV 446G	2069	SO2 kont.	3
RV 446G	4660	SO2 kont.	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 446G	5222	SO2 kont.	4
RV 446G	9206	SO2 kont.	3
RV 446G	9513	SO2 kont.	3
RV 448G	2006	SO2 kont.	3
RV 448G	2049	SO2 kont.	3
RV 448G	3181	SO2 kont.	3
RV 448G	5052	SO2 kont.	3
RV 448G	6870	SO2 kont.	5
RV 448G	7672	SO2 kont.	3
RV 448G	8191	SO2 kont.	3
RV 448G	9076	SO2 kont.	3
RV 454G	2021	SO2 kont.	4
RV 454G	4752	SO2 kont.	3
RV 454G	5024	SO2 kont.	nT
RV 454G	5392	SO2 kont.	3
RV 454G	8187	SO2 kont.	7
RV 456G	3028	SO2 kont.	nT
RV 456G	6678	SO2 kont.	4
RV 456G	8786	SO2 kont.	5

Diskontinuierliche Bestimmung

Erreichte Klassensummen für Komponente Sd



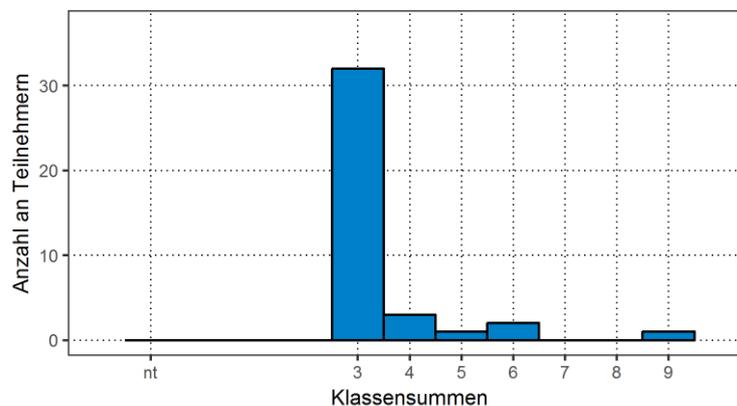
Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 442G	1255	SO2 diskont.	3
RV 442G	1778	SO2 diskont.	3
RV 442G	3067	SO2 diskont.	3
RV 442G	5718	SO2 diskont.	3
RV 442G	5806	SO2 diskont.	3
RV 442G	6054	SO2 diskont.	7
RV 442G	8881	SO2 diskont.	3
RV 442G	9560	SO2 diskont.	3
RV 444G	1337	SO2 diskont.	3
RV 444G	3717	SO2 diskont.	3
RV 444G	4420	SO2 diskont.	3
RV 444G	4671	SO2 diskont.	3
RV 444G	5447	SO2 diskont.	3
RV 444G	7514	SO2 diskont.	3
RV 444G	7763	SO2 diskont.	3
RV 444G	8840	SO2 diskont.	3
RV 446G	1388	SO2 diskont.	3
RV 446G	1454	SO2 diskont.	3
RV 446G	2069	SO2 diskont.	3
RV 446G	4660	SO2 diskont.	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 446G	5222	SO2 diskont.	3
RV 446G	9206	SO2 diskont.	3
RV 446G	9513	SO2 diskont.	4
RV 448G	2006	SO2 diskont.	5
RV 448G	2049	SO2 diskont.	3
RV 448G	3181	SO2 diskont.	3
RV 448G	5052	SO2 diskont.	4
RV 448G	6870	SO2 diskont.	3
RV 448G	7672	SO2 diskont.	3
RV 448G	8191	SO2 diskont.	3
RV 448G	9076	SO2 diskont.	6
RV 454G	2021	SO2 diskont.	3
RV 454G	4752	SO2 diskont.	3
RV 454G	5024	SO2 diskont.	3
RV 454G	5392	SO2 diskont.	9
RV 454G	8187	SO2 diskont.	5
RV 456G	3028	SO2 diskont.	nT
RV 456G	6678	SO2 diskont.	3
RV 456G	8786	SO2 diskont.	3

5.2.2.4 Gesamt-C

Mischung ETX, Propan

Erreichte Klassensummen für Komponente Ck

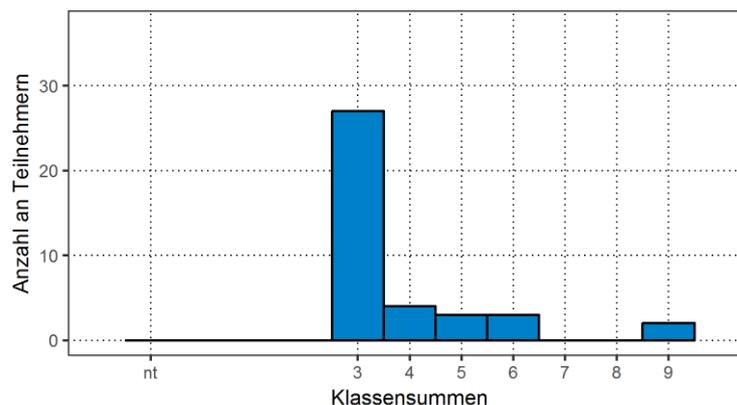


Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 442G	1255	Gesamt-C	3
RV 442G	1778	Gesamt-C	3
RV 442G	3067	Gesamt-C	3
RV 442G	5718	Gesamt-C	4
RV 442G	5806	Gesamt-C	3
RV 442G	6054	Gesamt-C	3
RV 442G	8881	Gesamt-C	4
RV 442G	9560	Gesamt-C	3
RV 444G	1337	Gesamt-C	3
RV 444G	3717	Gesamt-C	3
RV 444G	4420	Gesamt-C	3
RV 444G	4671	Gesamt-C	3
RV 444G	5447	Gesamt-C	3
RV 444G	7514	Gesamt-C	3
RV 444G	7763	Gesamt-C	3
RV 444G	8840	Gesamt-C	3
RV 446G	1388	Gesamt-C	3
RV 446G	1454	Gesamt-C	3
RV 446G	2069	Gesamt-C	3
RV 446G	4660	Gesamt-C	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 446G	5222	Gesamt-C	4
RV 446G	9206	Gesamt-C	3
RV 446G	9513	Gesamt-C	3
RV 448G	2006	Gesamt-C	3
RV 448G	2049	Gesamt-C	3
RV 448G	3181	Gesamt-C	5
RV 448G	5052	Gesamt-C	3
RV 448G	6870	Gesamt-C	3
RV 448G	7672	Gesamt-C	3
RV 448G	8191	Gesamt-C	3
RV 448G	9076	Gesamt-C	6
RV 454G	2021	Gesamt-C	6
RV 454G	4752	Gesamt-C	3
RV 454G	5024	Gesamt-C	3
RV 454G	5392	Gesamt-C	3
RV 454G	8187	Gesamt-C	3
RV 456G	3028	Gesamt-C	9
RV 456G	6678	Gesamt-C	3
RV 456G	8786	Gesamt-C	3

Propan

Erreichte Klassensummen für Komponente Pk

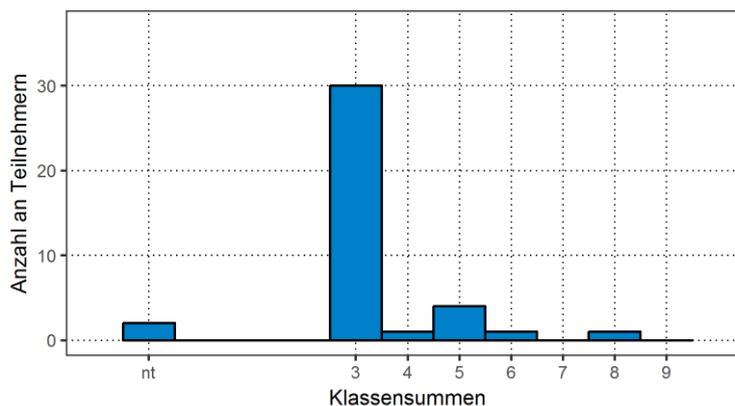


Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 442G	1255	Propan	3
RV 442G	1778	Propan	3
RV 442G	3067	Propan	5
RV 442G	5718	Propan	6
RV 442G	5806	Propan	5
RV 442G	6054	Propan	3
RV 442G	8881	Propan	5
RV 442G	9560	Propan	3
RV 444G	1337	Propan	3
RV 444G	3717	Propan	3
RV 444G	4420	Propan	3
RV 444G	4671	Propan	4
RV 444G	5447	Propan	3
RV 444G	7514	Propan	3
RV 444G	7763	Propan	4
RV 444G	8840	Propan	4
RV 446G	1388	Propan	3
RV 446G	1454	Propan	3
RV 446G	2069	Propan	3
RV 446G	4660	Propan	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 446G	5222	Propan	3
RV 446G	9206	Propan	3
RV 446G	9513	Propan	3
RV 448G	2006	Propan	3
RV 448G	2049	Propan	3
RV 448G	3181	Propan	3
RV 448G	5052	Propan	3
RV 448G	6870	Propan	3
RV 448G	7672	Propan	4
RV 448G	8191	Propan	3
RV 448G	9076	Propan	6
RV 454G	2021	Propan	3
RV 454G	4752	Propan	3
RV 454G	5024	Propan	3
RV 454G	5392	Propan	9
RV 454G	8187	Propan	3
RV 456G	3028	Propan	9
RV 456G	6678	Propan	6
RV 456G	8786	Propan	3

5.2.2.5 Formaldehyd

Erreichte Klassensummen für Komponente Fd

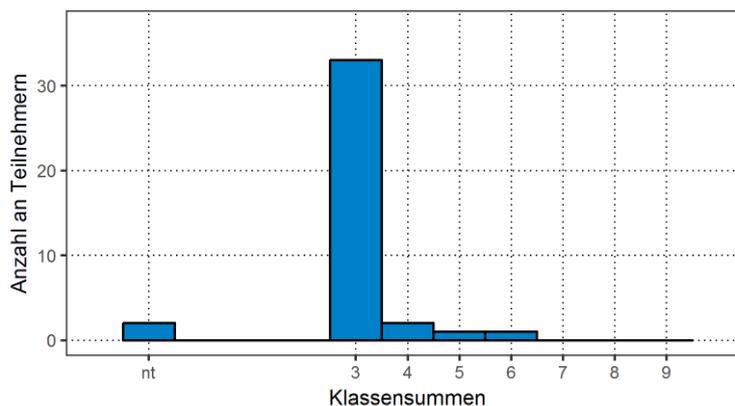


Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 442G	1255	Formaldehyd	5
RV 442G	1778	Formaldehyd	5
RV 442G	3067	Formaldehyd	3
RV 442G	5718	Formaldehyd	5
RV 442G	5806	Formaldehyd	3
RV 442G	6054	Formaldehyd	3
RV 442G	8881	Formaldehyd	3
RV 442G	9560	Formaldehyd	5
RV 444G	1337	Formaldehyd	3
RV 444G	3717	Formaldehyd	3
RV 444G	4420	Formaldehyd	3
RV 444G	4671	Formaldehyd	3
RV 444G	5447	Formaldehyd	3
RV 444G	7514	Formaldehyd	3
RV 444G	7763	Formaldehyd	3
RV 444G	8840	Formaldehyd	3
RV 446G	1388	Formaldehyd	3
RV 446G	1454	Formaldehyd	3
RV 446G	2069	Formaldehyd	3
RV 446G	4660	Formaldehyd	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 446G	5222	Formaldehyd	3
RV 446G	9206	Formaldehyd	3
RV 446G	9513	Formaldehyd	3
RV 448G	2006	Formaldehyd	3
RV 448G	2049	Formaldehyd	6
RV 448G	3181	Formaldehyd	3
RV 448G	5052	Formaldehyd	3
RV 448G	6870	Formaldehyd	3
RV 448G	7672	Formaldehyd	3
RV 448G	8191	Formaldehyd	3
RV 448G	9076	Formaldehyd	3
RV 454G	2021	Formaldehyd	4
RV 454G	4752	Formaldehyd	3
RV 454G	5024	Formaldehyd	nT
RV 454G	5392	Formaldehyd	3
RV 454G	8187	Formaldehyd	3
RV 456G	3028	Formaldehyd	nT
RV 456G	6678	Formaldehyd	8
RV 456G	8786	Formaldehyd	3

5.2.2.6 Ethylbenzol

Erreichte Klassensummen für Komponente Ed

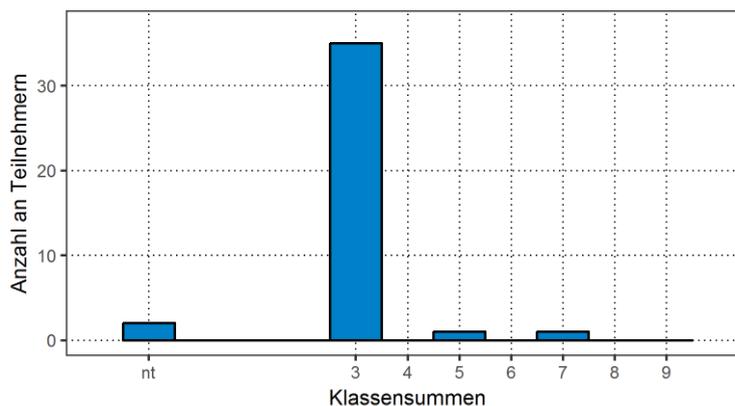


Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 442G	1255	Ethylbenzol	3
RV 442G	1778	Ethylbenzol	3
RV 442G	3067	Ethylbenzol	3
RV 442G	5718	Ethylbenzol	3
RV 442G	5806	Ethylbenzol	3
RV 442G	6054	Ethylbenzol	3
RV 442G	8881	Ethylbenzol	3
RV 442G	9560	Ethylbenzol	3
RV 444G	1337	Ethylbenzol	3
RV 444G	3717	Ethylbenzol	5
RV 444G	4420	Ethylbenzol	3
RV 444G	4671	Ethylbenzol	nT
RV 444G	5447	Ethylbenzol	3
RV 444G	7514	Ethylbenzol	3
RV 444G	7763	Ethylbenzol	3
RV 444G	8840	Ethylbenzol	3
RV 446G	1388	Ethylbenzol	3
RV 446G	1454	Ethylbenzol	3
RV 446G	2069	Ethylbenzol	4
RV 446G	4660	Ethylbenzol	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 446G	5222	Ethylbenzol	3
RV 446G	9206	Ethylbenzol	3
RV 446G	9513	Ethylbenzol	3
RV 448G	2006	Ethylbenzol	3
RV 448G	2049	Ethylbenzol	3
RV 448G	3181	Ethylbenzol	3
RV 448G	5052	Ethylbenzol	3
RV 448G	6870	Ethylbenzol	3
RV 448G	7672	Ethylbenzol	3
RV 448G	8191	Ethylbenzol	3
RV 448G	9076	Ethylbenzol	3
RV 454G	2021	Ethylbenzol	3
RV 454G	4752	Ethylbenzol	3
RV 454G	5024	Ethylbenzol	3
RV 454G	5392	Ethylbenzol	3
RV 454G	8187	Ethylbenzol	6
RV 456G	3028	Ethylbenzol	nT
RV 456G	6678	Ethylbenzol	4
RV 456G	8786	Ethylbenzol	3

5.2.2.7 Toluol

Erreichte Klassensummen für Komponente Td

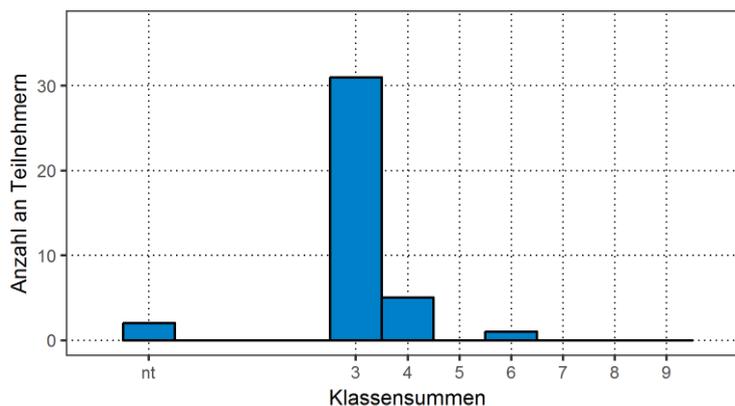


Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 442G	1255	Toluol	3
RV 442G	1778	Toluol	3
RV 442G	3067	Toluol	3
RV 442G	5718	Toluol	3
RV 442G	5806	Toluol	3
RV 442G	6054	Toluol	3
RV 442G	8881	Toluol	3
RV 442G	9560	Toluol	3
RV 444G	1337	Toluol	3
RV 444G	3717	Toluol	3
RV 444G	4420	Toluol	3
RV 444G	4671	Toluol	nT
RV 444G	5447	Toluol	3
RV 444G	7514	Toluol	3
RV 444G	7763	Toluol	3
RV 444G	8840	Toluol	3
RV 446G	1388	Toluol	3
RV 446G	1454	Toluol	3
RV 446G	2069	Toluol	5
RV 446G	4660	Toluol	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 446G	5222	Toluol	3
RV 446G	9206	Toluol	3
RV 446G	9513	Toluol	3
RV 448G	2006	Toluol	3
RV 448G	2049	Toluol	3
RV 448G	3181	Toluol	3
RV 448G	5052	Toluol	3
RV 448G	6870	Toluol	3
RV 448G	7672	Toluol	3
RV 448G	8191	Toluol	3
RV 448G	9076	Toluol	3
RV 454G	2021	Toluol	3
RV 454G	4752	Toluol	3
RV 454G	5024	Toluol	3
RV 454G	5392	Toluol	3
RV 454G	8187	Toluol	7
RV 456G	3028	Toluol	nT
RV 456G	6678	Toluol	3
RV 456G	8786	Toluol	3

5.2.2.8 Summe Xylole

Erreichte Klassensummen für Komponente Xd



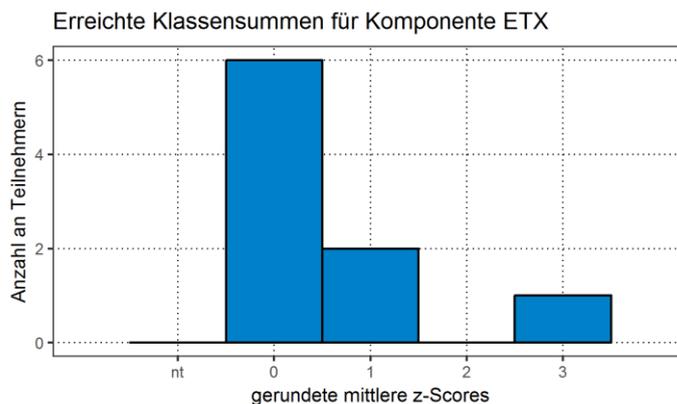
Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 442G	1255	Summe Xylole	3
RV 442G	1778	Summe Xylole	3
RV 442G	3067	Summe Xylole	3
RV 442G	5718	Summe Xylole	3
RV 442G	5806	Summe Xylole	3
RV 442G	6054	Summe Xylole	3
RV 442G	8881	Summe Xylole	3
RV 442G	9560	Summe Xylole	3
RV 444G	1337	Summe Xylole	3
RV 444G	3717	Summe Xylole	3
RV 444G	4420	Summe Xylole	3
RV 444G	4671	Summe Xylole	nT
RV 444G	5447	Summe Xylole	3
RV 444G	7514	Summe Xylole	3
RV 444G	7763	Summe Xylole	3
RV 444G	8840	Summe Xylole	3
RV 446G	1388	Summe Xylole	3
RV 446G	1454	Summe Xylole	3
RV 446G	2069	Summe Xylole	4
RV 446G	4660	Summe Xylole	4

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 446G	5222	Summe Xylole	4
RV 446G	9206	Summe Xylole	3
RV 446G	9513	Summe Xylole	3
RV 448G	2006	Summe Xylole	3
RV 448G	2049	Summe Xylole	3
RV 448G	3181	Summe Xylole	3
RV 448G	5052	Summe Xylole	3
RV 448G	6870	Summe Xylole	3
RV 448G	7672	Summe Xylole	3
RV 448G	8191	Summe Xylole	3
RV 448G	9076	Summe Xylole	3
RV 454G	2021	Summe Xylole	4
RV 454G	4752	Summe Xylole	3
RV 454G	5024	Summe Xylole	3
RV 454G	5392	Summe Xylole	3
RV 454G	8187	Summe Xylole	6
RV 456G	3028	Summe Xylole	nT
RV 456G	6678	Summe Xylole	3
RV 456G	8786	Summe Xylole	4

5.2.4 Stoffbereich O

Bei Olfaktometrie-Ringversuchen wird keine Klassensumme berechnet, sondern nur der Mittelwert der Beträge der z-Scores. In den folgenden Tabellen sind die gemittelten z-Scores auf die nächstkleinere ganze Zahl gerundet.

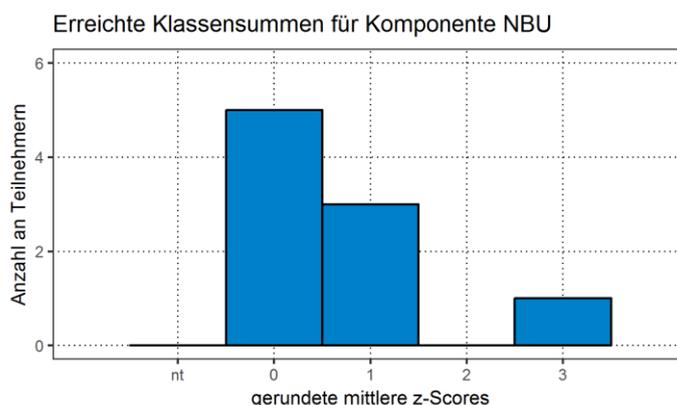
5.2.4.1 Lösungsmittelgemisch (ETX)



Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 4510	1169	ETX	0
RV 4510	2959	ETX	1
RV 4510	3118	ETX	1
RV 4510	4903	ETX	0
RV 4510	8701	ETX	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 4520	4695	ETX	0
RV 4520	5666	ETX	0
RV 4520	8266	ETX	0
RV 4520	8970	ETX	0

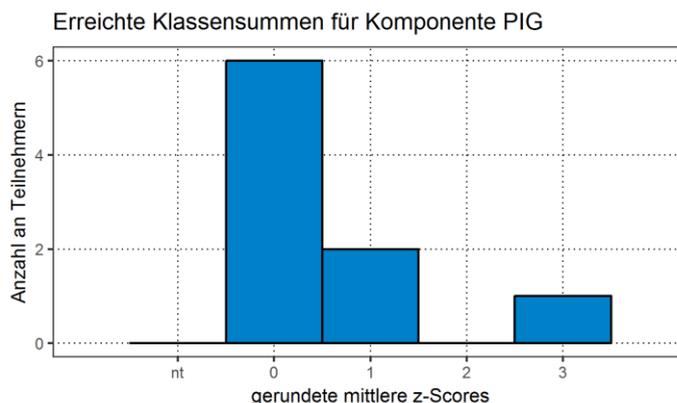
5.2.4.2 n-Butanol



Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 4510	1169	n-Butanol	1
RV 4510	2959	n-Butanol	0
RV 4510	3118	n-Butanol	0
RV 4510	4903	n-Butanol	0
RV 4510	8701	n-Butanol	0

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 4520	4695	n-Butanol	1
RV 4520	5666	n-Butanol	1
RV 4520	8266	n-Butanol	0
RV 4520	8970	n-Butanol	3

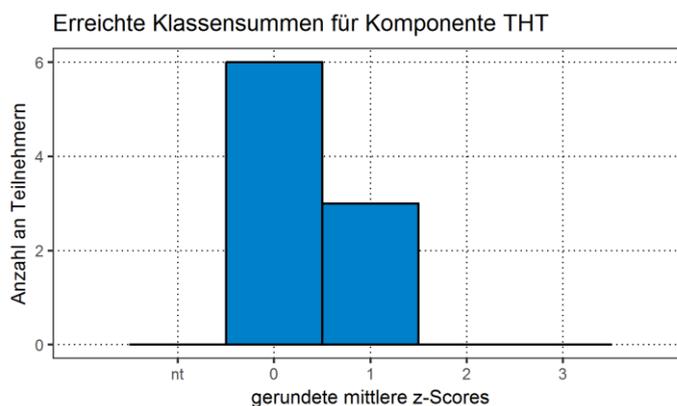
5.2.4.3 Künstlicher Schweinestall



Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 4510	1169	Künstlicher Schweinestall	0
RV 4510	2959	Künstlicher Schweinestall	1
RV 4510	3118	Künstlicher Schweinestall	0
RV 4510	4903	Künstlicher Schweinestall	0
RV 4510	8701	Künstlicher Schweinestall	3

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 4520	4695	Künstlicher Schweinestall	0
RV 4520	5666	Künstlicher Schweinestall	0
RV 4520	8266	Künstlicher Schweinestall	0
RV 4520	8970	Künstlicher Schweinestall	1

5.2.4.4 Tetrahydrothiophen



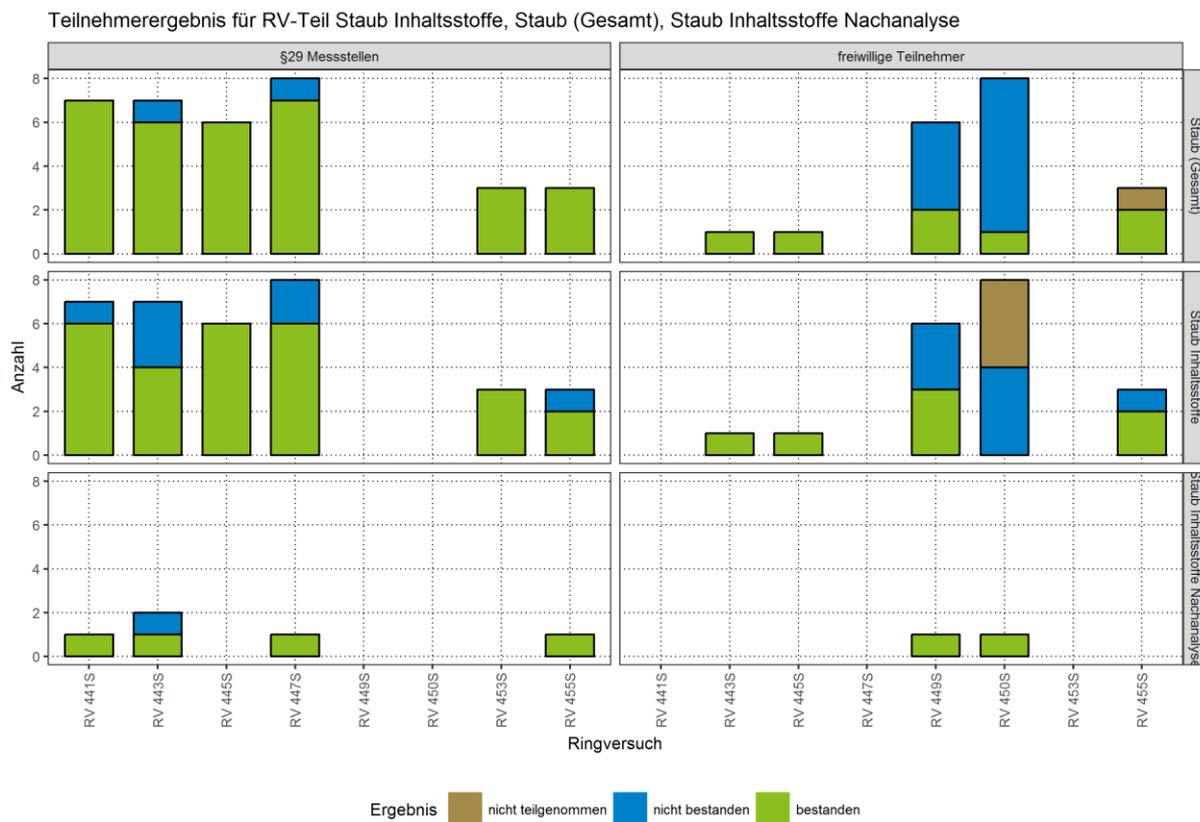
Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 4510	1169	Tetrahydrothiophen	0
RV 4510	2959	Tetrahydrothiophen	0
RV 4510	3118	Tetrahydrothiophen	0
RV 4510	4903	Tetrahydrothiophen	0
RV 4510	8701	Tetrahydrothiophen	1

Ringversuch	ID	Komponente	Ergebnis
RV 4520	4695	Tetrahydrothiophen	1
RV 4520	5666	Tetrahydrothiophen	0
RV 4520	8266	Tetrahydrothiophen	0
RV 4520	8970	Tetrahydrothiophen	1

5.3 Auflistung der Ergebnisse

An der Komponentengruppe Staub Inhaltsstoffe nahmen 49 Institute teil, 34 davon bestanden diesen Ringversuchsteil. An der Komponentengruppe Staub (Gesamt) nahmen 52 Institute teil, 39 davon bestanden diesen Ringversuchsteil. An der Komponentengruppe Staub Inhaltsstoffe Nachanalyse nahmen 7 Institute teil, 6 davon bestanden diesen Ringversuchsteil. An der Komponentengruppe Gas nahmen 39 Institute teil, 32 davon bestanden diesen Ringversuchsteil.

5.3.1 Stoffbereich P



5.3.1.1 Staubkonzentration

Ringversuch	ID	RV-Teil	Ergebnis
RV 441S	1099	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 441S	2105	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 441S	3215	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 441S	3585	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 441S	7237	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 441S	7336	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 441S	8068	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 443S	1782	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 443S	2737	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 443S	4115	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 443S	5830	Staub (Gesamt)	bestanden

Ringversuch	ID	RV-Teil	Ergebnis
RV 443S	5859	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 443S	7383	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 443S	7508	Staub (Gesamt)	nicht bestanden
RV 443S	8360	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 445S	1068	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 445S	2248	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 445S	2281	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 445S	4774	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 445S	7733	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 445S	8050	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 445S	9891	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 447S	1826	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 447S	1972	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 447S	4255	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 447S	4955	Staub (Gesamt)	nicht bestanden
RV 447S	7030	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 447S	7198	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 447S	8232	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 447S	8430	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 449S	2374	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 449S	4985	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 449S	5735	Staub (Gesamt)	nicht bestanden
RV 449S	7319	Staub (Gesamt)	nicht bestanden
RV 449S	7670	Staub (Gesamt)	nicht bestanden
RV 449S	9526	Staub (Gesamt)	nicht bestanden
RV 450S	1360	Staub (Gesamt)	nicht bestanden
RV 450S	2093	Staub (Gesamt)	nicht bestanden
RV 450S	3066	Staub (Gesamt)	nicht bestanden
RV 450S	3933	Staub (Gesamt)	nicht bestanden
RV 450S	4192	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 450S	4926	Staub (Gesamt)	nicht bestanden
RV 450S	7910	Staub (Gesamt)	nicht bestanden
RV 450S	8900	Staub (Gesamt)	nicht bestanden
RV 453S	4064	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 453S	8351	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 453S	9297	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 455S	2566	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 455S	5096	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 455S	5952	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 455S	6841	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 455S	8604	Staub (Gesamt)	bestanden
RV 455S	9994	Staub (Gesamt)	nicht teilgenommen

5.3.1.2 Staubinhaltsstoffe

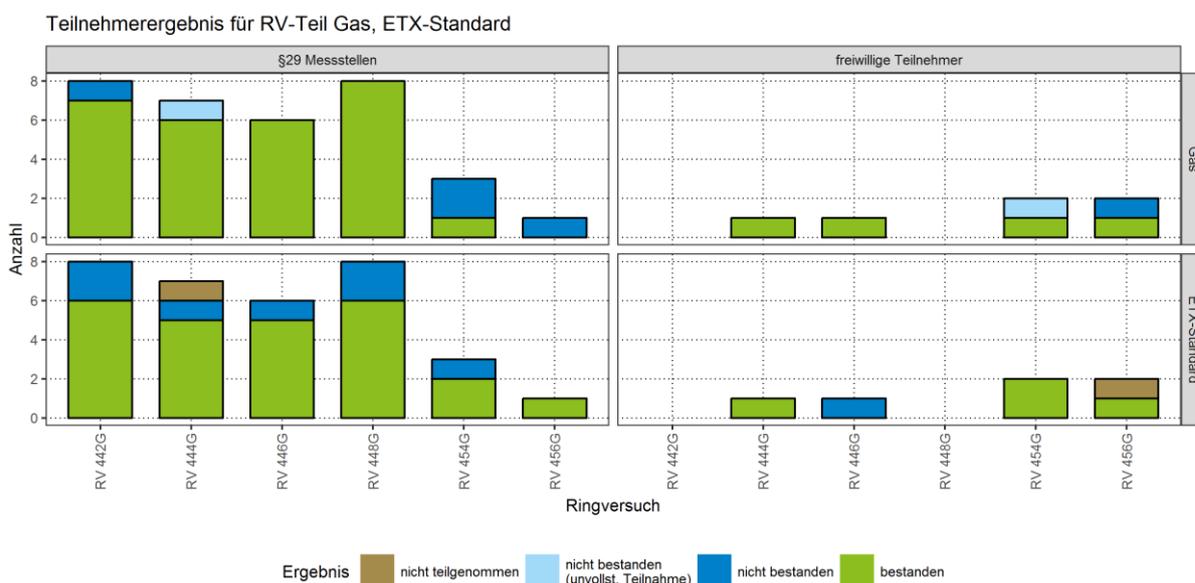
Ringversuch	ID	RV-Teil	Ergebnis
RV 441S	1099	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 441S	2105	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 441S	3215	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 441S	3585	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 441S	7237	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 441S	7336	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 441S	8068	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 443S	1782	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 443S	2737	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 443S	4115	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 443S	5830	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 443S	5859	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 443S	7383	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 443S	7508	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 443S	8360	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 445S	1068	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 445S	2248	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 445S	2281	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 445S	4774	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 445S	7733	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 445S	8050	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 445S	9891	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 447S	1826	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 447S	1972	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 447S	4255	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 447S	4955	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 447S	7030	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 447S	7198	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 447S	8232	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 447S	8430	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 449S	2374	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 449S	4985	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 449S	5735	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 449S	7319	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 449S	7670	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 449S	9526	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 450S	1360	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 450S	2093	Staub Inhaltsstoffe	nicht teilgenommen
RV 450S	3066	Staub Inhaltsstoffe	nicht teilgenommen
RV 450S	3933	Staub Inhaltsstoffe	nicht teilgenommen
RV 450S	4192	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 450S	4926	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 450S	7910	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 450S	8900	Staub Inhaltsstoffe	nicht teilgenommen

Ringversuch	ID	RV-Teil	Ergebnis
RV 453S	4064	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 453S	8351	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 453S	9297	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 455S	2566	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 455S	5096	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 455S	5952	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 455S	6841	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden
RV 455S	8604	Staub Inhaltsstoffe	bestanden
RV 455S	9994	Staub Inhaltsstoffe	nicht bestanden

5.3.1.3 Staubinhaltsstoffe (Nachanalyse)

Ringversuch	ID	RV-Teil	Ergebnis
RV 441S	7237	Staub Inhaltsstoffe Nachanalyse	bestanden
RV 443S	2737	Staub Inhaltsstoffe Nachanalyse	nicht bestanden
RV 443S	5859	Staub Inhaltsstoffe Nachanalyse	bestanden
RV 447S	1972	Staub Inhaltsstoffe Nachanalyse	bestanden
RV 449S	2374	Staub Inhaltsstoffe Nachanalyse	bestanden
RV 450S	4192	Staub Inhaltsstoffe Nachanalyse	bestanden
RV 455S	6841	Staub Inhaltsstoffe Nachanalyse	bestanden

5.3.2 Stoffbereich G



5.3.2.1 Gasförmige Emissionen

Ringversuch	ID	RV-Teil	Ergebnis
RV 442G	1255	Gas	bestanden
RV 442G	1778	Gas	bestanden
RV 442G	3067	Gas	bestanden

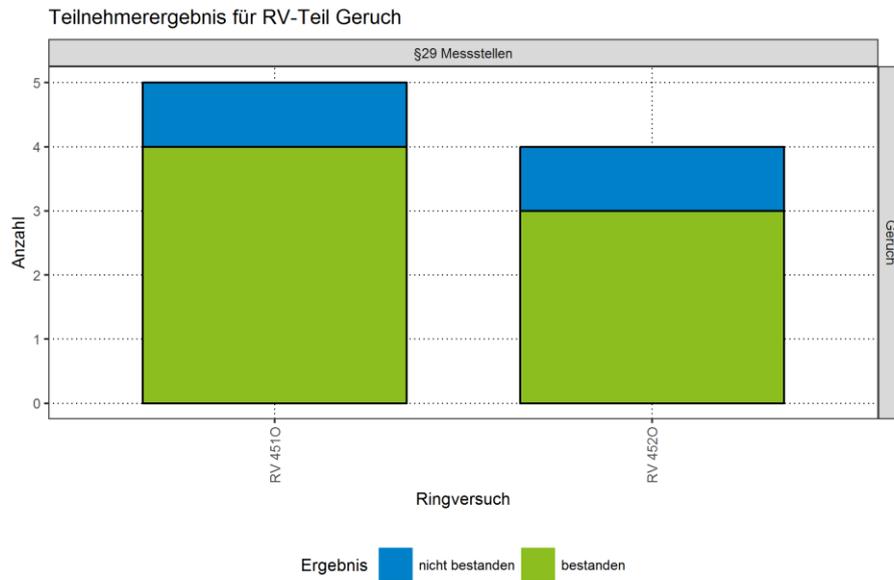
Ringversuch	ID	RV-Teil	Ergebnis
RV 442G	5718	Gas	bestanden
RV 442G	5806	Gas	bestanden
RV 442G	6054	Gas	nicht bestanden
RV 442G	8881	Gas	bestanden
RV 442G	9560	Gas	bestanden
RV 444G	1337	Gas	bestanden
RV 444G	3717	Gas	bestanden
RV 444G	4420	Gas	bestanden
RV 444G	4671	Gas	nicht bestanden (unvollständige Teilnahme)
RV 444G	5447	Gas	bestanden
RV 444G	7514	Gas	bestanden
RV 444G	7763	Gas	bestanden
RV 444G	8840	Gas	bestanden
RV 446G	1388	Gas	bestanden
RV 446G	1454	Gas	bestanden
RV 446G	2069	Gas	bestanden
RV 446G	4660	Gas	bestanden
RV 446G	5222	Gas	bestanden
RV 446G	9206	Gas	bestanden
RV 446G	9513	Gas	bestanden
RV 448G	2006	Gas	bestanden
RV 448G	2049	Gas	bestanden
RV 448G	3181	Gas	bestanden
RV 448G	5052	Gas	bestanden
RV 448G	6870	Gas	bestanden
RV 448G	7672	Gas	bestanden
RV 448G	8191	Gas	bestanden
RV 448G	9076	Gas	bestanden
RV 454G	2021	Gas	bestanden
RV 454G	4752	Gas	bestanden
RV 454G	5024	Gas	nicht bestanden (unvollständige Teilnahme)
RV 454G	5392	Gas	nicht bestanden
RV 454G	8187	Gas	nicht bestanden
RV 456G	3028	Gas	nicht bestanden
RV 456G	6678	Gas	nicht bestanden
RV 456G	8786	Gas	bestanden

5.3.2.2 ETX-Standard

Ringversuch	ID	RV-Teil	Ergebnis
RV 442G	1255	ETX-Standard	bestanden
RV 442G	1778	ETX-Standard	bestanden
RV 442G	3067	ETX-Standard	bestanden

Ringversuch	ID	RV-Teil	Ergebnis
RV 442G	5718	ETX-Standard	nicht bestanden
RV 442G	5806	ETX-Standard	nicht bestanden
RV 442G	6054	ETX-Standard	bestanden
RV 442G	8881	ETX-Standard	bestanden
RV 442G	9560	ETX-Standard	bestanden
RV 444G	1337	ETX-Standard	bestanden
RV 444G	3717	ETX-Standard	bestanden
RV 444G	4420	ETX-Standard	bestanden
RV 444G	4671	ETX-Standard	nicht teilgenommen
RV 444G	5447	ETX-Standard	bestanden
RV 444G	7514	ETX-Standard	nicht bestanden
RV 444G	7763	ETX-Standard	bestanden
RV 444G	8840	ETX-Standard	bestanden
RV 446G	1388	ETX-Standard	bestanden
RV 446G	1454	ETX-Standard	bestanden
RV 446G	2069	ETX-Standard	bestanden
RV 446G	4660	ETX-Standard	nicht bestanden
RV 446G	5222	ETX-Standard	bestanden
RV 446G	9206	ETX-Standard	nicht bestanden
RV 446G	9513	ETX-Standard	bestanden
RV 448G	2006	ETX-Standard	bestanden
RV 448G	2049	ETX-Standard	bestanden
RV 448G	3181	ETX-Standard	bestanden
RV 448G	5052	ETX-Standard	bestanden
RV 448G	6870	ETX-Standard	bestanden
RV 448G	7672	ETX-Standard	bestanden
RV 448G	8191	ETX-Standard	nicht bestanden
RV 448G	9076	ETX-Standard	nicht bestanden
RV 454G	2021	ETX-Standard	bestanden
RV 454G	4752	ETX-Standard	bestanden
RV 454G	5024	ETX-Standard	bestanden
RV 454G	5392	ETX-Standard	bestanden
RV 454G	8187	ETX-Standard	nicht bestanden
RV 456G	3028	ETX-Standard	nicht teilgenommen
RV 456G	6678	ETX-Standard	bestanden
RV 456G	8786	ETX-Standard	bestanden

5.3.3 Stoffbereich O



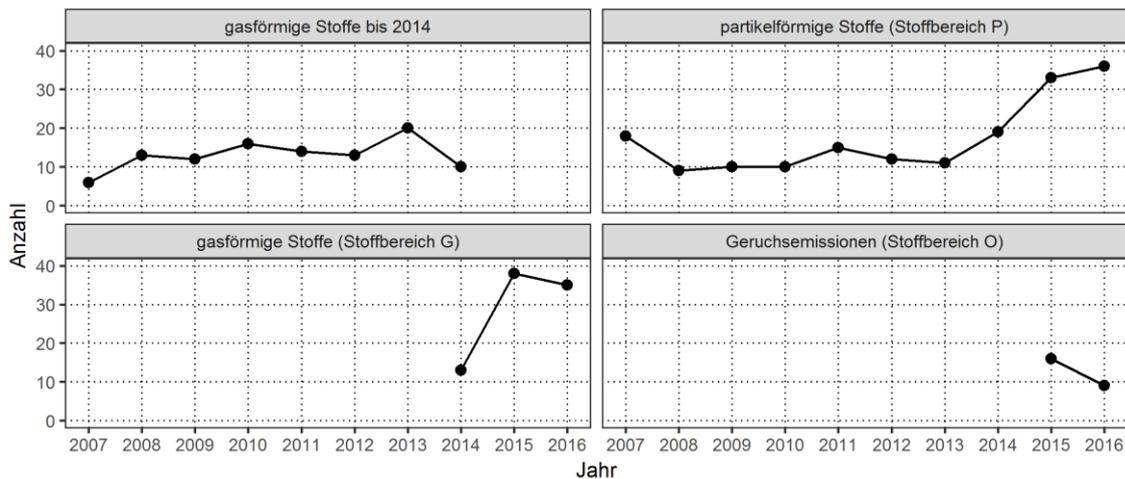
Ringversuch	ID	RV-Teil	Ergebnis
RV 4510	1169	Geruchsemissionen	bestanden
RV 4510	2959	Geruchsemissionen	bestanden
RV 4510	3118	Geruchsemissionen	bestanden
RV 4510	4903	Geruchsemissionen	bestanden
RV 4510	8701	Geruchsemissionen	nicht bestanden
RV 4520	4695	Geruchsemissionen	bestanden
RV 4520	5666	Geruchsemissionen	bestanden
RV 4520	8266	Geruchsemissionen	bestanden
RV 4520	8970	Geruchsemissionen	nicht bestanden

6. Interpretation

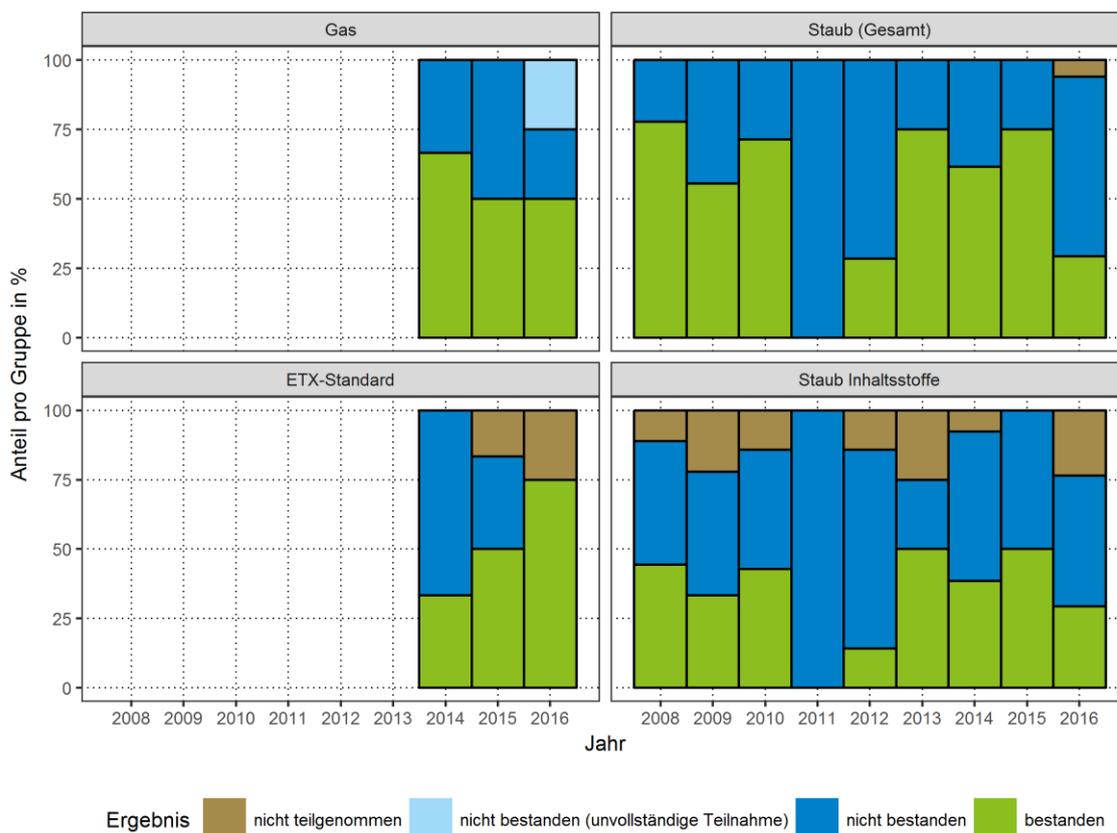
Ringversuchsergebnisse nach Jahren (§29b-Messstellen)



Anzahl Teilnehmer nach Jahren (§29b-Messstellen)



Ringversuchsergebnisse nach Jahren (freiwillige Teilnehmer)



Anzahl Teilnehmer nach Jahren (freiwillige Teilnehmer)

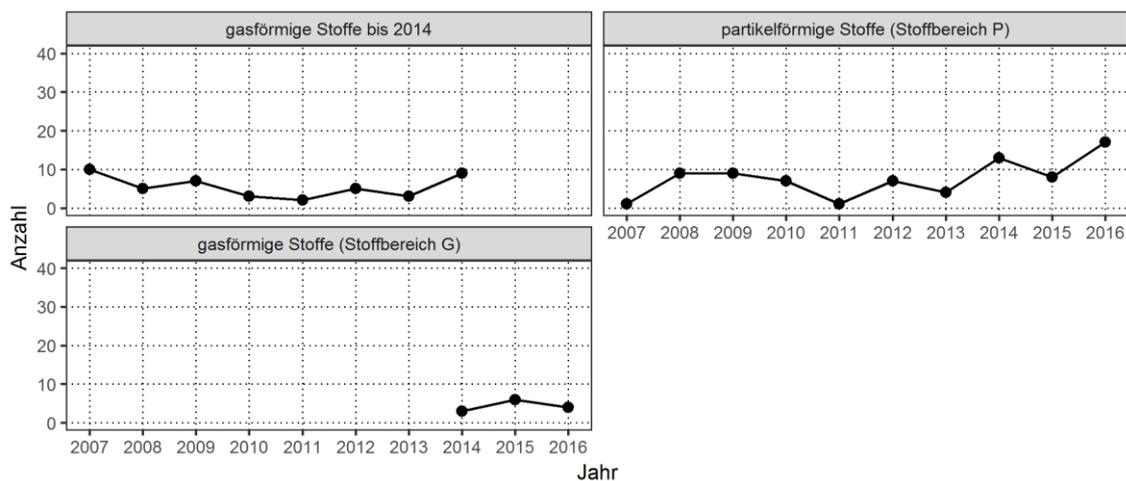


Tabelle 5: Tabellarische Übersicht seit 2015 (§29b-Messstellen)

Jahr	Gruppe	bestanden	nicht be- standen	nicht bestanden (unvollst. TN)	nicht teilge- nommen
2015	ETX-Standard	28	8	-	2
	Gas	30	6	2	-
	Geruch	11	5	-	-
	Staub (Gesamt)	32	1	-	-
	Staub Inhaltsstoffe	26	7	-	-
	Staub Inhaltsstoffe Nachanalyse	6	-	-	-
2016	ETX-Standard	26	8	-	1
	Gas	30	4	1	-
	Geruch	7	2	-	-
	Staub (Gesamt)	34	2	-	-
	Staub Inhaltsstoffe	29	7	-	-
	Staub Inhaltsstoffe Nachanalyse	4	1	-	-

Tabelle 6: Tabellarische Übersicht seit 2015 (freiwillige Teilnehmer)

Jahr	Gruppe	bestanden	nicht be- standen	nicht bestanden (unvollst. TN)	nicht teilge- nommen
2015	ETX-Standard	3	2	-	1
	Gas	3	3	-	-
	Staub (Gesamt)	6	2	-	-
	Staub Inhaltsstoffe	4	4	-	-
	Staub Inhaltsstoffe Nachanalyse	2	-	-	-
2016	ETX-Standard	3	-	-	1
	Gas	2	1	1	-
	Staub (Gesamt)	5	11	-	1
	Staub Inhaltsstoffe	5	8	-	4
	Staub Inhaltsstoffe Nachanalyse	2	-	-	-

6.1 Beurteilung der Messergebnisse

§29b-Messstellen

Die Anzahl der Ringversuchsteilnahmen von §29b-Messstellen hat sich seit 2013 ungefähr verdoppelt und liegt nun bei ca. 30-40 Teilnahmen für Gas und Staub pro Jahr. Die Summe aller Ergebnisse für das Jahr 2016 steht daher wie schon im Jahr 2015 auf einer viel breiteren statistischen Basis als in den Jahren zuvor. Misserfolge einzelner Teilnehmer verzerren dadurch das Gesamtbild eines Jahres nicht mehr so stark wie in der Vergangenheit.

Beim Staubringversuch befinden sich die Ergebnisse der 29b-Messstellen weiterhin auf einem hohen Niveau, 34 von 36 Teilnahmen (94,4%) waren beim Ringversuchsteil Staub (Gesamt) erfolgreich. Bei den Staubinhaltsstoffen hält der positive Trend der letzten Jahre an, diesen Ringversuchsteil haben 29 von 36 Teilnehmern (80,6%) auf Anhieb bestanden, weitere 4 Teilnehmer (11,1%) haben diesen Ringversuchsteil über die Nachanalyse bestanden. Insgesamt waren damit 91,7% der Teilnahmen am Staubringversuch erfolgreich.

Nach der Überarbeitung der Durchführungsbestimmungen im Herbst 2014 wurden 2016 zum zweiten Mal alle Teilnahmen eines Jahres am Gasringversuch nach dem neuen Regelwerk beurteilt. Hier haben 30 von 35 (85,7%) der §29b-Messtellen den Ringversuch bestanden. Ein Teilnehmer (2,9%) hat lediglich deshalb nicht bestanden, weil er nicht alle Pflichtkomponenten gemessen hat (unvollständige Teilnahme). Die Analyse des ETX-Standards haben 26 von 35 (74,3%) der §29b-Messtellen erfolgreich absolviert, eine Messstelle hat auf eine Teilnahme an dieser Analyse verzichtet.

Die Ergebnisse der §29b-Messtellen an den Geruchsringversuchen sind mit den Ergebnissen des Vorjahres vergleichbar. Den Geruchsringversuch haben 7 von 9 Teilnehmern (77,8%) bestanden.

Freiwillige Teilnehmer

Die Anzahl der freiwilligen Ringversuchsteilnahmen schwankt von Jahr zu Jahr, in der Regel gibt es ca. 4 Teilnahmen am Gasringversuch und ca. 8 Teilnahmen am Staubringversuch. Im Jahr 2016 gab es beim Gasringversuch 4 Teilnehmer, beim Staubringversuch gab es durch die Teilnahme von insgesamt 13 Messinstituten aus den Niederlanden die ungewöhnlich hohe Zahl von 17 freiwilligen Teilnahmen. Die gesammelten Ergebnisse eines Jahres sind aufgrund der meist geringen Anzahl der freiwilligen Teilnahmen in vielen Jahren extrem vom Abschneiden einzelner Labore geprägt, ein langjähriger Vergleich ist nur bedingt aufschlussreich.

Beim Ringversuchsteil Staub (Gesamt) waren 2015 insgesamt 5 von 17 Teilnahmen (29,4%) erfolgreich. Bei den Staubinhaltsstoffen haben 5 der 17 Teilnehmer (29,4%) bestanden, weitere 2 Teilnehmer (11,8%) haben diesen Ringversuchsteil über die Nachanalyse bestanden. Insgesamt waren 5 (29,4%) der 17 freiwilligen Teilnahmen am Staubringversuch erfolgreich. Bei diesen Zahlen ist zu beachten, dass 4 Teilnehmer nur Staub-Massenkonzentrationen bestimmt haben (und auf eine Ermittlung von Schwermetallkonzentrationen verzichtet haben), während ein Teilnehmer nur Schwermetallkonzentrationen ermittelt hat (und auf Gesamtstaubmessungen verzichtete). Außerdem haben 2 Teilnehmer zwar den Ringversuchsteil Staub Inhaltsstoffe (Ermittlung von Schwermetallkonzentrationen) bestanden, nicht jedoch die Ermittlung von Staub (Gesamt). Betrachtet man nur die Ergebnisse der 12 freiwilligen Teilnehmer, die tatsächlich an allen Messungen des Staubringversuchs teilgenommen haben, liegt die Erfolgsquote bei 41,7% (5 von 12).

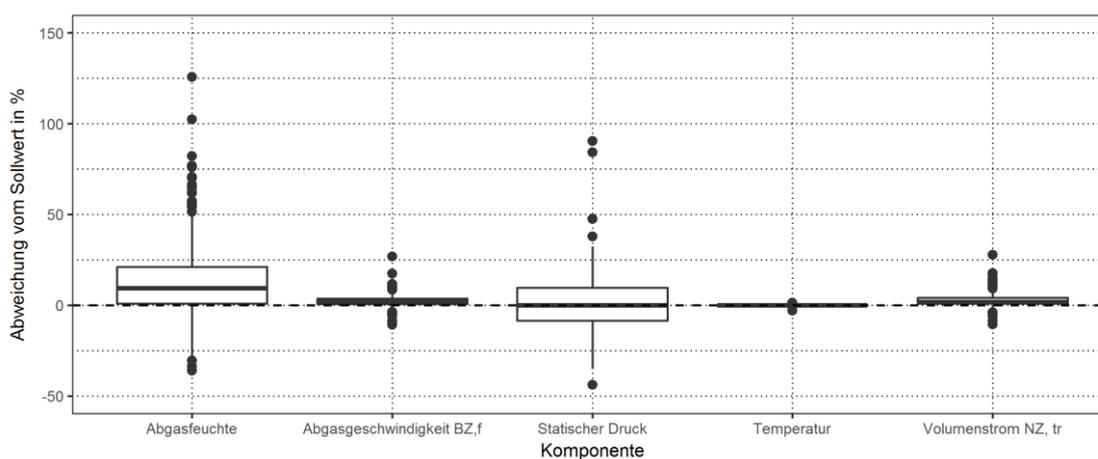
Beim Gasringversuch haben 2 von 4 (50%) der freiwilligen Teilnehmer den Ringversuch bestanden, wobei ein Teilnehmer lediglich deshalb nicht bestanden hat, weil er nicht alle Pflichtkomponenten gemessen hat (unvollständige Teilnahme). Die Analyse des ETX-Standards haben 3 von 3 (100%) der freiwilligen Teilnehmer erfolgreich absolviert, ein Labor hat auf eine Teilnahme an dieser Analyse verzichtet.

Bei den Geruchsringversuchen gab es wie schon im Vorjahr keine Teilnehmer ohne Bekanntgabe nach §29b BImSchG.

6.2 Randbedingungen

Bei jedem Ringversuch sind von den Teilnehmern auch die strömungstechnischen Randbedingungen zu ermitteln und anzugeben. Die Messwerte der Teilnehmer werden in den Ergebnismitteilungen mit den vom HLNUG ermittelten Sollwerten verglichen. Auf eine Auflistung der Einzelwerte in diesem Bericht wird verzichtet, im Folgenden sind lediglich die Ergebnisse aller Teilnehmer gesammelt dargestellt. Die Darstellung beschränkt sich

auf relative Abweichungen der Teilnehmermesswerte vom jeweiligen Sollwert, um verschiedene Ringversuche mit unterschiedlichen Strömungsbedingungen vergleichen zu können. Offensichtlich falsche Messwerte, die um Größenordnungen vom Sollwert abweichen, wurden aus dem Wertekollektiv entfernt. Davon betroffen sind vor allem die Angaben zum statischen Druck. Hier wurden oft Zahlenwerte angegeben, die z. B. in der Einheit Pa oder als Gesamtdruck einigermaßen korrekt wären, nicht jedoch als statischer Druck in der Einheit hPa.



Wie zu erkennen ist, liegen die Messwerte für die Abgastemperatur stets sehr nahe am Sollwert. Die Messwerte für die Strömungsgeschwindigkeit und den Volumenstrom zeigen im Vergleich dazu eine deutlich höhere Streuung und viele Einzelwerte, die weit vom Sollwert entfernt liegen. Noch extremer streuen die Messwerte der Teilnehmer zum Statischen Druck und der Wasserdampfkonzentration.

Eine Auswertung der Absolutwerte der relativen Abweichungen (positive und negative Abweichungen heben sich hier nicht gegenseitig auf) ist in der folgenden Tabelle zu finden. Dort sind der Median der Absolutwerte der jeweiligen Abweichungen sowie das 25. und das 75. Perzentil aufgelistet. Diese Angaben sind wie folgt zu verstehen: Nur ein Viertel der Messwerte zeigte eine Abweichung, die unter dem 25. Perzentil liegt. Jeweils die Hälfte der Messwerte zeigte eine Abweichung unter bzw. über dem Median. Ein Viertel der Messwerte hatte eine Abweichung vom Sollwert (positiv oder negativ), die größer ist als das 75. Perzentil.

Tabelle 7: Absolutwerte der relativen Abweichungen vom Sollwert für Randbedingungen

	Absolute Temperatur [%]	Wasserdampf [%]	Statischer Druck [%]	Strömungsgeschw. [%]	Volumenstrom [%]
75. Perzentil	0,30	20,88	17,93	5,65	4,42
Median	0,13	8,79	9,57	2,53	2,29
25. Perzentil	0,05	0,32	3,64	1,20	1,11
Anzahl der Werte	224	219	169	208	220

6.3 Freiwillige Angaben der Teilnehmer

Alle Teilnehmer wurden aufgefordert, zusammen mit den Messergebnissen zusätzliche Angaben zu ihren Messungen auf freiwilliger Basis zu machen. Auch hier wird auf eine Auflistung der Angaben verzichtet, die erhaltenen Daten werden im Folgenden in Tabellen zusammengefasst und graphisch dargestellt.

Für einige Komponenten haben die Teilnehmer am Ringversuch eine gewisse Freiheit bei der Wahl verschiedener Verfahrensparameter. Auf Grundlage der freiwilligen Angaben der Teilnehmer wurde versucht, Korrelationen zwischen den verwendeten Methoden, Geräten etc. und den damit erzielten Ergebnissen zu ermitteln. Da für jede Komponente immer 9 Messungen bei unterschiedlichen Konzentrationen durchgeführt werden, ist eine eindeutige Aussage über die Qualität eines Verfahrens schwierig. Für eine einfache und übersichtliche Darstellung wurden daher Korrelationen zu den mittleren z-Scores der Teilnehmer hergestellt, wobei auch negative Werte in den Mittelwert einfließen. Ferner wurden gegebenenfalls ähnliche Komponenten wie z. B. Schwermetalle oder organische Lösungsmittel zu einem gemeinsamen Mittelwert zusammengefasst. Diese Art der Auswertung stellt sicherlich eine Vereinfachung des Problems dar und kann nicht alle Details abbilden. So bleiben z. B. unterschiedliche Einflüsse bei verschiedenen Konzentrationsbereichen oder hohe Schwankungen zwischen den Einzelergebnissen eines Teilnehmers bei dieser Auswertung vollkommen unbetrachtet. Die Beschränkung auf die Mittelwerte der z-Scores der Teilnehmer erlaubt dafür aber eine einfache Abschätzung der Auswirkungen verschiedener Verfahren auf die mittlere Abweichung der Messwerte vom Sollwert.

Die Darstellung der Ergebnisse in diesem Bericht beschränkt sich ferner auf die Angaben, aus denen sich Schlussfolgerungen ableiten lassen. Nicht aufgeführt ist z. B. die Korrelation der SO₂ (disk.)-Messwerte mit dem IC- oder Thorin-Verfahren. Lediglich 2 Teilnehmer hatten angegeben, das Thorin-Verfahren anzuwenden, während 35 Teilnehmer das IC-Verfahren einsetzen. Eine Darstellung bringt hier keinen Erkenntnisgewinn, zudem sind die Ergebnisse von zwei Teilnehmern keine belastbare Grundlage für eine Aussage über die Qualität des Thorin-Verfahrens.

6.3.1 Messunsicherheiten

Die Angaben der Teilnehmer zu den absoluten erweiterten Messunsicherheiten ihrer beim Staubringversuch eingesetzten Verfahren sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Der Median der jeweiligen Angaben sowie das 25. Und das 75. Perzentil sind in der folgenden Tabelle aufgelistet. Diese Angaben sind wie folgt zu verstehen: Nur ein Viertel der Teilnehmer hat eine Messunsicherheit angegeben, die unter dem 25. Perzentil liegt. Jeweils die Hälfte der Teilnehmer hat eine Messunsicherheit unter bzw. über dem Median angegeben. Ein Viertel der Teilnehmer hat eine Messunsicherheit angegeben, die größer ist als das 75. Perzentil.

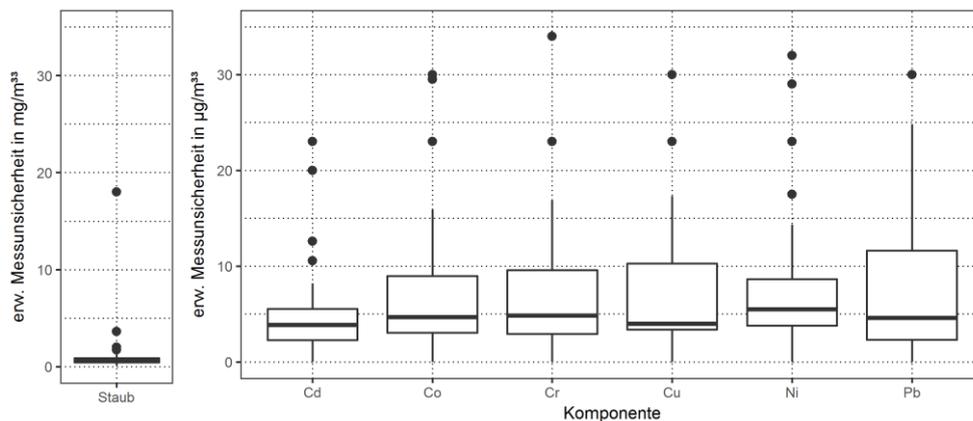


Tabelle 8: Angaben der Teilnehmer zu ihren erweiterten Messunsicherheiten im Staubringversuch

	Staub [mg/m ³]	Cd [µg/m ³]	Co [µg/m ³]	Cr [µg/m ³]	Cu [µg/m ³]	Ni [µg/m ³]	Pb [µg/m ³]
75. Perzentil	0,90	5,69	9,14	9,63	10,55	8,77	13,84
Median	0,66	3,87	4,70	4,86	4,00	5,50	4,63
25. Perzentil	0,42	2,17	2,78	2,63	3,05	3,75	2,00
Anzahl der Werte	38	30	30	30	30	30	30

Für den Gasringversuch wurden die folgend dargestellten Werte angegeben.

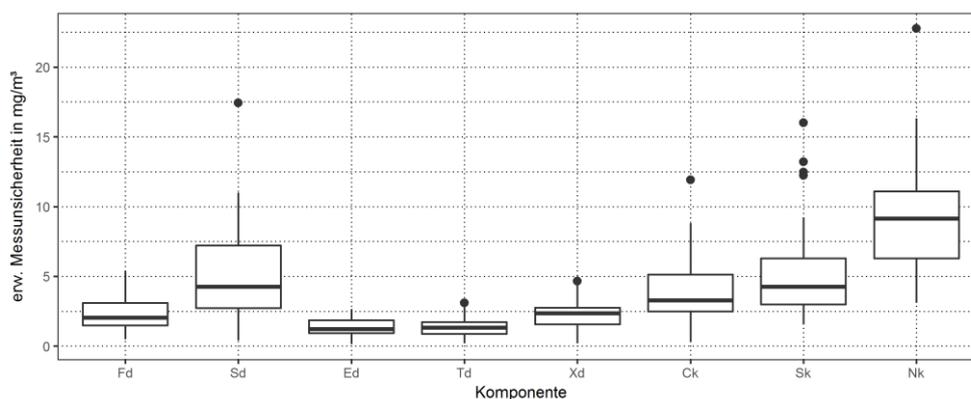


Tabelle 9: Angaben der Teilnehmer zu ihren erweiterten Messunsicherheiten im Gasringversuch

	Formaldehyd [mg/m ³]	SO₂ (disk.) [mg/m ³]	Ethylbenzol [mg/m ³]	Toluol [mg/m ³]	Summe Xylole [mg/m ³]	Gesamt-C [mg/m ³]	SO₂ (kont.) [mg/m ³]	NO_x ang. als NO₂ [mg/m ³]
75. Perzentil	3,19	7,26	2,00	1,91	2,78	5,39	6,30	11,29
Median	2,05	4,27	1,22	1,34	2,35	3,28	4,26	9,14
25. Perzentil	1,39	2,71	0,91	0,85	1,50	2,50	3,00	5,73
Anzahl der Werte	25	28	27	27	27	28	25	29

Bei allen Angaben zu absoluten erweiterten Messunsicherheiten ist zu beachten, dass die Teilnehmer aus Gründen der Vergleichbarkeit aufgefordert wurden, für jedes Verfahren nur einen Wert anzugeben. Die Angabe bezieht sich daher gegebenenfalls auf die höchste im Ringversuch gemessene Konzentration und würde für kleinere Konzentrationen geringer ausfallen. Trotzdem sollten diese Werte allen beteiligten eine ungefähre Einschätzung ermöglichen, wie sich die eigene Messunsicherheit relativ zu den Messunsicherheiten anderer Laboratorien verhält.

6.3.2 Sonde und Spülen bei Staubmessungen

Bei der Korrelation von Sondensystemen und Spülprozeduren teilt sich das Teilnehmerfeld der Staubringversuche im Wesentlichen in 6 Gruppen auf, je nachdem ob eine in-stack-Sonde mit oder ohne Schwanenhals verwendet wird, ob diese Sonde nach jeder Probenahme gespült wird oder nicht und ob die Spülrückstände im Messergebnis berücksichtigt werden oder nicht. Die Darstellung wurde hier beschränkt auf die Kombinationen, die von mindestens vier Teilnehmern angegeben wurden.

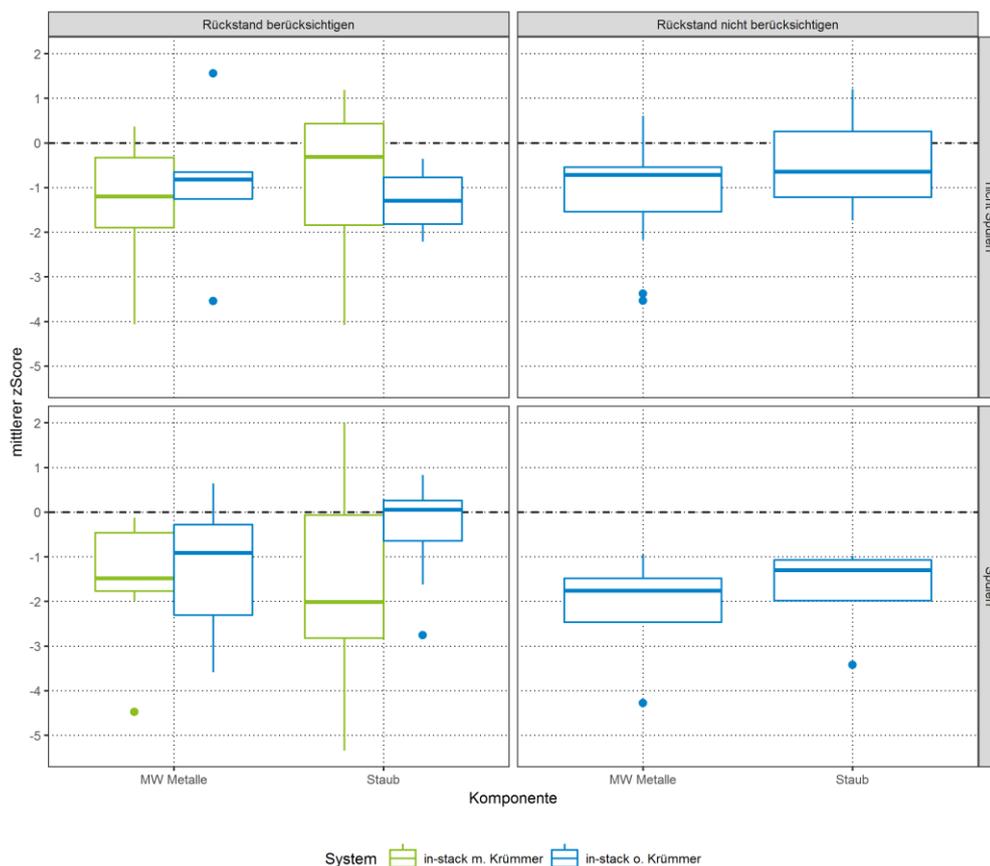


Tabelle 10: Korrelation von Gesamtstaub-Messergebnissen mit Sondensystemen und Spülprozedur

Sondensystem und Spülprozedur	Median mittl. z-Scores Gesamtstaub-Ergebnisse	Anzahl der Teilnehmer	Median mittl. z-Scores Schwermetall-Ergebnisse	Anzahl der Teilnehmer
In-stack-Sonde ohne Krümmer, Spülen nach jeder Probenahme, Spülrückstände berücksichtigt	0,05	9	-0,91	9
In-stack-Sonde ohne Krümmer, Spülen nach jeder Probenahme, Spülrückstände nicht berücksichtigt	-1,30	4	-1,76	4
In-stack-Sonde ohne Krümmer, kein Spülen nach jeder Probenahme, Spülrückstände berücksichtigt	-1,30	4	-0,82	5
In-stack-Sonde ohne Krümmer, kein Spülen nach jeder Probenahme, Spülrückstände nicht berücksichtigt	-0,65	12	-0,72	12
In-stack-Sonde mit Schwanenhals, Spülen nach jeder Probenahme, Spülrückstände berücksichtigt	-2,01	11	-1,49	7
In-stack-Sonde mit Schwanenhals, kein Spülen nach jeder Probenahme, Spülrückstände berücksichtigt	-0,31	5	-1,20	5

Die Angaben der Teilnehmer deuten darauf hin, dass die besten Ergebnisse für Gesamtstaub im Ringversuch bei Verwendung einer in-stack-Sonde ohne Krümmer erzielt werden, wenn die Sonde nach jeder Probenahme gespült wird und die so gewonnenen Spülrückstände im Messergebnis berücksichtigt werden. Diese Prozedur liefert im Mittel Ergebnisse, die sehr nahe am Sollwert liegen und vergleichsweise wenig streuen. Erstaunlicherweise gilt das offenbar nicht für die Messergebnisse der Schwermetalle: Die gleiche Prozedur liefert hier Messergebnisse, die im Mittel relativ weit vom Sollwert abweichen und stark streuen. Wenig überraschend ist, dass deutliche Minderbefunde erzielt werden, wenn mit einer in-stack-Sonde ohne Krümmer gearbeitet wird und zwar nach jeder Messung gespült wird, die Rückstände aber nicht im Ergebnis berücksichtigt werden.

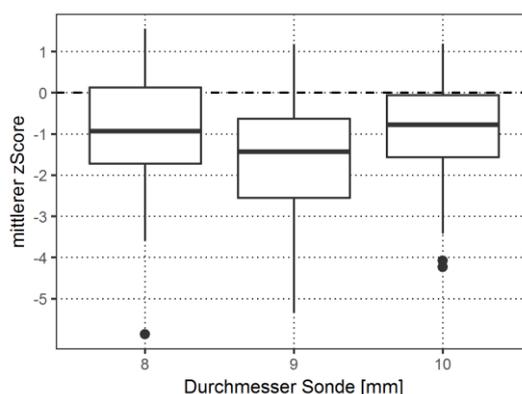
Vergleichbare Ergebnisse beim Gesamtstaub, aber deutlich bessere Ergebnisse bei den Schwermetallen erzielten Teilnehmer mit in-stack-Sonden ohne Krümmer, die zwar angaben, nicht nach jeder Messung zu spülen, aber dennoch Spülrückstände im Ergebnis berücksichtigt haben. Damit dürfte gemeint sein, dass z. B. nur arbeitstäglich gespült wurde und die Rückstände anteilig auf die bis dahin durchgeführten Probenahmen verteilt wurden. Die von den meisten Teilnehmern verwendete Kombination von System und Spülprozedur, die Verwendung einer in-stack-Sonde ohne Krümmer und Verzicht auf Spülen, führt bei Gesamtstaub zu deutlich geringeren Minderbefunden bei vergleichsweise hoher Streuung, bei den Schwermetallen zu vergleichbaren Ergebnissen.

Geradezu extrem sind allerdings die Streuungen der Ergebnisse bei den Teilnehmern, die eine in-stack-Schwanenhals-Sonde verwenden. Teilnehmer, die nach jeder Messung spülten und die Rückstände berücksichtigten, erzielten sowohl für Gesamtstaub, als auch für die Schwermetalle teilweise massive Minderbefunde, die Staubmesswerte zeigen hier die höchste Streuung aller Ergebnisgruppen. Lediglich die Schwermetallmesswerte zeigen ak-

zeptable Streuungen, allerdings mit großen systematischen Minderbefunden. Im Mittel etwas besser schnitten Teilnehmer mit Schwanenhalssonden ab, die nicht nach jeder Probenahme spülen, aber die Rückstände im Messergebnis berücksichtigen. Hier fiel allerdings die Streuung bei den Schwermetallmesswerten wieder deutlich stärker aus.

6.3.3 Durchmesser der Sondenöffnung bei Staubmessungen

Die Angaben der Teilnehmer zum verwendeten Durchmesser der Sondenöffnung lassen keinen eindeutigen Trend erkennen. Unabhängig vom Durchmesser scheinen die Messwerte stets über einen weiten Bereich zu streuen.



Etwas klarer wird das Bild hier, wenn nur der Absolutwert der mittleren z-Scores betrachtet wird und die Auswertung auf die Durchmesser beschränkt ist, die von mindestens 4 Teilnehmern verwendet wurde. Damit ergeben sich dann folgende Werte:

Tabelle 11: Korrelation der Absolutwerte der mittleren z-Scores mit dem Sondendurchmesser

Durchmesser der Sondenöffnung	8 mm	9 mm	10 mm
75. Perzentil	1,95	4,42	1,72
Median	1,52	1,43	0,95
25. Perzentil	0,33	1,19	0,29
Anzahl der Werte	14	4	26

Besonders der Median liegt für eine Sondenöffnung von 10 mm im Vergleich mit kleineren Sondendurchmessern deutlich niedriger, hier werden im Mittel z-Scores unter 1 erreicht. Da das Probenvolumen bei isokinetischer Probenahme bei einem 10 mm-Durchmesser um 56% größer ist als bei einem 8 mm-Durchmesser, ist diese Beobachtung zu erwarten. Vor allem bei kleinen Staubkonzentrationen um 3 mg/m^3 dürften die meisten Messinstitute bei Verwendung von 8 mm-Sonden Schwierigkeiten haben, diese Konzentration noch mit einer Standardunsicherheit von 7% zu ermitteln. Unter den beim Ringversuch herrschenden Bedingungen arbeiten Teilnehmer bei einer Staubmassenkonzentration von 3 mg/m^3 (Nz, tr) bei 8 mm Sondendurchmesser mit ca. 2,6 mg Staub pro Probe, während die Staubmenge bei 10 mm Sondendurchmesser bei mehr als 4 mg pro Probe liegt.

6.3.4 Analysegeräte für Schwermetalle

Die Angaben der Teilnehmer zum verwendeten Analysegerät für die Schwermetallanalytik lassen einen klaren Unterschied zwischen AAS- und ICP-Nutzern erkennen. Insgesamt 6 Teilnehmer gaben an, die Schwermetallanalytik mittels AAS-Geräten durchzuführen (davon 2 Flamme und 4 Graphitrohren), diese Teilnehmer erzielten im Mittel für die Schwermetalle deutlich bessere z-Scores als die Teilnehmer, die eine ICP verwendeten. Die Ergebnisse von ICP-MS und ICP-OES sind im Mittel vergleichbar, allerdings streuen die Messwerte hier unterschiedlich: Die Nutzer von ICP-OES-Geräten scheinen eher zu massiven Minderbefunden zu neigen als die Nutzer von ICP-MS-Geräten.

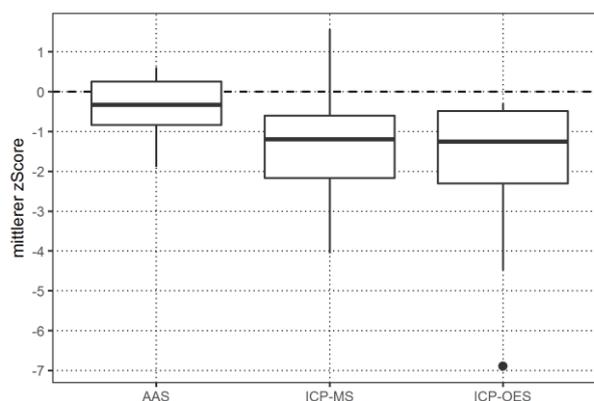


Tabelle 12: Korrelation von Schwermetall-Messergebnissen mit den verwendeten Analysegeräten

Verwendetes Analysegerät	Median mittlere z-Scores Schwermetall-Ergebnisse	Anzahl der Teilnehmer
AAS	-0,33	6
ICP-MS	-1,20	21
ICP-OES	-1,25	17

Bei dieser Korrelation gilt selbstverständlich – wie übrigens auch bei allen anderen in diesem Bericht dargestellten Korrelationen – dass eine Korrelation lediglich ein Indiz für einen Zusammenhang darstellt, aber keineswegs eine Kausalität nachweist. So wäre es z. B. durchaus denkbar, dass die Teilnehmer, die eine AAS verwenden, zufällig noch andere Gemeinsamkeiten haben, die sich tatsächlich auf die Messergebnisse auswirken, während das Analysengerät eigentlich gar keine Rolle spielt.

Eine Korrelation der Schwermetallmesswerte mit dem Analysegerät, dem Sondentyp und der Spülprozedur ist zwar theoretisch denkbar, dadurch würden sich für die Teilnehmer des Jahres 2016 aber 21 Untergruppen ergeben. Lediglich 5 dieser Kombinationen wurden von mehr als zwei Teilnehmern angegeben, die somit verbleibenden Daten lassen keine weiteren Erkenntnisse zu, da für keine Kombination aus Sonde und Spülprozedur Messwerte zu allen Analysegeräten vorliegen.

6.3.5 Formaldehyd

Für die Messung von Formaldehyd-Konzentrationen stehen den Teilnehmern die Richtlinien VDI 3862 Blatt 2, 3 und 4 zur Auswahl. Aus den Angaben der Teilnehmer ergibt sich folgendes Bild:

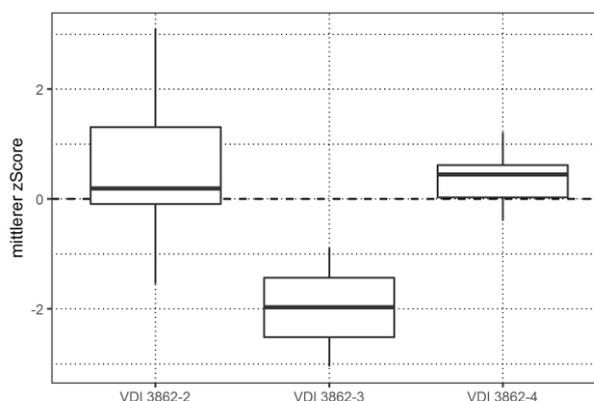


Tabelle 13: Korrelation von Formaldehyd-Messergebnissen mit den verwendeten Richtlinien

Verwendete Richtlinie	Median mittlere z-Scores Formaldehyd-Ergebnisse	Anzahl der Teilnehmer
VDI 3862 Blatt 2 (DNPH Waschflaschen)	0,20	23
VDI 3862 Blatt 3 (DNPH Kartuschen)	-1,97	2
VDI 3862 Blatt 4 (AHMT-Verfahren)	0,45	11

Das DNPH-Waschflaschen-Verfahren liefert offenbar im Mittel leicht bessere Werte als das AHMT-Verfahren, streut dafür aber über einen deutlich größeren Bereich. Die DNPH-Kartuschen-Methode wurde nur von 2 Teilnehmern angegeben, beide hatten eher ernüchternde Ergebnisse.

6.3.6 Lösungsmittel zur Desorption von ETX

Für die Desorption der Lösungsmittel Ethylbenzol, Toluol und Xylol (ETX) stehen den Teilnehmern neben dem üblichen Lösungsmittel Schwefelkohlenstoff auch noch andere Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemische zur Auswahl. Die überwiegende Anzahl der Teilnehmer gab an, mit CS₂ gearbeitet zu haben. Die Ergebnisse dieser Teilnehmer liegen im Mittel nahe beim Sollwert, streuen aber auch relativ stark. Teilnehmer mit anderen Desorptionsmitteln erzielten etwas schlechtere Ergebnisse, allerdings bei geringerer Streuung.

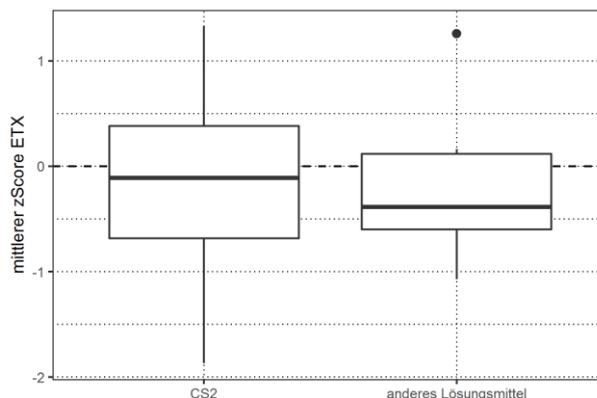


Tabelle 14: Korrelation von ETX-Messergebnissen mit dem Desorptions-Lösungsmittel

Bei Desorption verwendete Lösungsmittel	Median mittlere z-Scores ETX-Ergebnisse	Anzahl der Teilnehmer
CS ₂	-0,11	29
Anderes Lösungsmittel	-0,39	7

6.3.7 Gaschromatographie Detektoren

Für die Analyse der ETX-Proben kommen in der Regel Gaschromatographen mit entweder einem FID-Detektor oder einem Massenspektrometer zum Einsatz. Die Angaben der Teilnehmer ergeben hier das folgende Bild:

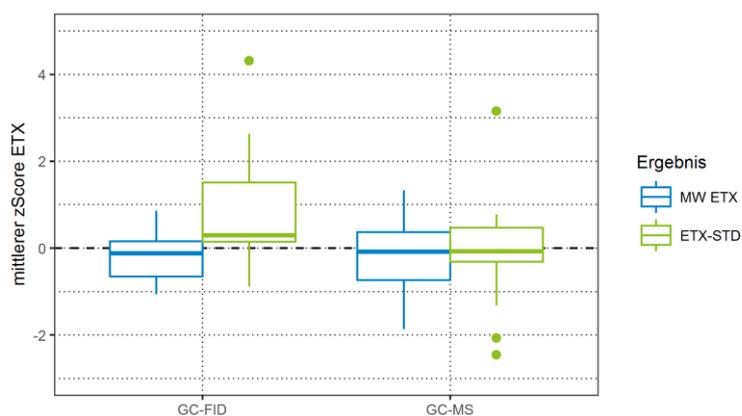
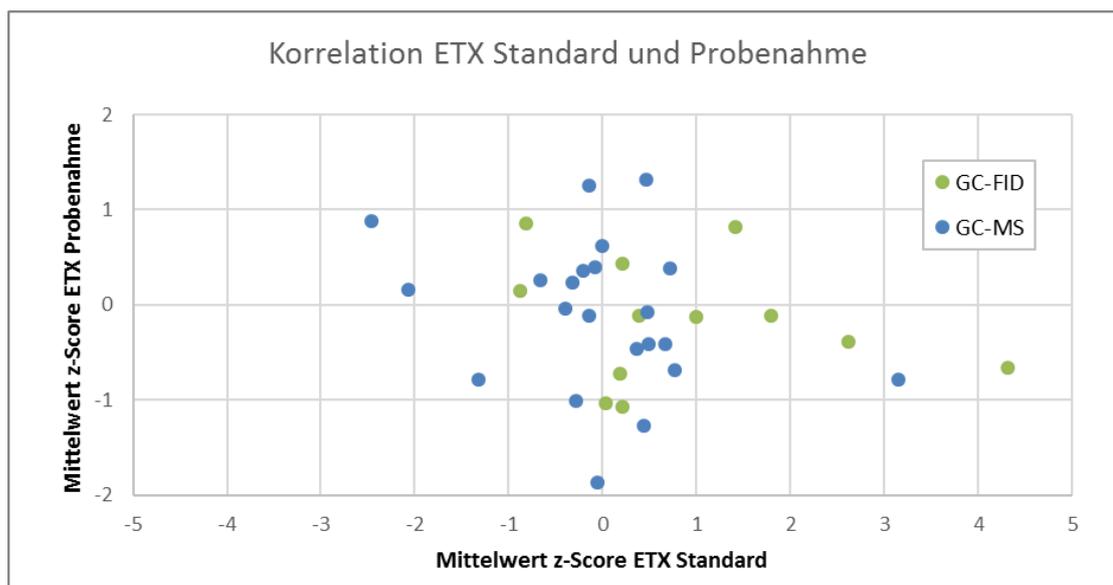


Tabelle 15: Korrelation von ETX-Messergebnissen mit Analysengeräten

Analysegerät	Median mittlere z-Scores ETX mit Probenahme	Median mittlere z-Scores ETX Standard-Lösung	Anzahl der Teilnehmer
GC-FID	-0,12	0,39	13
GC-MS	-0,08	-0,08	23

Hier sind die Ergebnisse erstaunlich uneinheitlich. Für das Gesamtverfahren von Probenahme und Analytik erzielten die Teilnehmer mit beiden Detektor-Varianten vergleichbare Ergebnisse nahe am Sollwert, die Messwerte der GC-MS-Nutzer streuen hier lediglich etwas stärker als die der GC-FID-Nutzer. Bei der Analyse des ETX-Standards erzielen die GC-MS-Nutzer im Mittel Ergebnisse, die mit denen der Probenahme gleichwertig sind. Die GC-FID-Nutzer neigen hier aber offenbar zu teilweise starken Mehrbefunden. Ebenfalls erstaunlich ist, dass es anscheinend keinen Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Messungen mit Probenahme und denen des reinen Analytik-Standards gibt, wie die folgende Abbildung zeigt.



Ein hoher Fehler bei den Ergebnissen mit Probenahme bei gleichzeitig geringem Fehler beim Standard (Punkte entlang der y-Achse) lässt sich noch durch eine Kombination von Fehlern bei der Probenahme und einwandfreier Analytik erklären. Die Ergebnisse mit geringem Fehler bei der Probenahme aber hohem Fehler beim Standard (Punkte entlang der x-Achse) sind aber nur erklärbar durch eine fehlerfreie Ausführung des Gesamtverfahrens (Probenahme + Analytik) bei gleichzeitiger fehlerhafter Durchführung der reinen Analytik des Standards. Vorstellbar wäre hier z. B. eine falsche Einberechnung von Desorptionsraten. Insgesamt lassen sich in den Daten aber alle denkbaren Kombinationen von Mehr- und Minderbefunden beobachten, relativ unabhängig vom genutzten Detektor.

7. Schlussbemerkung

Im Zuge der Novellierung der 41. BImSchV wurden die Anforderungen an nach §29b BImSchG bekanntgegebene Messstellen bezüglich der Qualitätssicherung durch Ringversuche konkretisiert. Um die praktische Umsetzung der Bekanntgabeverordnung zu ermöglichen, hat das HLNUG im Laufe des Jahres 2014 seine Kapazitäten für Emissionsringversuche an der ESA erweitert und kann seit dem Jahr 2015 zuverlässig allen Standorten der bekanntgegebenen Messstellen eine regelmäßige Teilnahme anbieten.

In den Ergebnissen der Jahre 2015 und 2016 ist ein positiver Effekt dieser gestiegenen Teilnahmefrequenz auf die Ergebnisse in den Ringversuchen des HLNUG zu erkennen. Damit einhergehen dürfte eine deutlich verbesserte Qualität der Emissionsmessungen. Trotzdem liegen noch immer viele Messergebnisse von bekanntgegebenen Stellen weit außerhalb des akzeptablen Bereichs. Das gilt auch für die 2015 neu ins Programm des HLNUG aufgenommenen Geruchs-Emissionsringversuche. Für diese liegen zwar noch keine Langzeitwerte vor, die Ergebnisse der letzten zwei Jahre deuten aber auch hier darauf hin, dass ein großer Teil der bekanntgegebenen Messstellen die für die Bekanntgabe erforderliche Kompetenz voll erfüllt, während bei einigen Messstellen noch Verbesserungsbedarf besteht.

Die regelmäßige Teilnahme an Emissionsringversuchen ist daher nach wie vor wichtig, um fehlerhafte Tendenzen frühzeitig zu entdecken und die Qualität der Messergebnisse im geregelten Bereich auf einem anhaltend hohen Niveau zu halten.

Kassel, 13. April 2017

gez. J. Cordes

Dr. Jens Cordes
Labor- und Ringversuchs-
leiter

gez. B. Stoffels

Benno Stoffels
Stellv. Dezernatsleiter und
Stellv. Fachlich Verantwort-
licher

gez. D. Wildanger

Dr. Dominik Wildanger
Dezernatsleiter und Fach-
lich Verantwortlicher

8. Literaturverzeichnis

1. DIN ISO 13528:2009-01: Statistische Verfahren für Eignungsprüfungen durch Ringversuche (ISO 13528:2005); Text Deutsch und Englisch.
2. DIN EN 15259:2008-01: Luftbeschaffenheit - Messung von Emissionen aus stationären Quellen - Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht; Deutsche Fassung EN 15259:2007.
3. DIN EN 13284-1:2002-04: Emissionen aus stationären Quellen - Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen Staubkonzentrationen - Teil 1: Manuelles gravimetrisches Verfahren; Deutsche Fassung EN 13284-1:2001.
4. VDI 2066 Blatt 1 (2006-11): Messen von Partikeln - Staubmessungen in strömenden Gasen - Gravimetrische Bestimmung der Staubbiladung.
5. VDI 3862 Blatt 1 (1990-12): Messen gasförmiger Emissionen; Messen aliphatischer Aldehyde (C₁ bis C₃) nach dem MBTH-Verfahren.
6. VDI 3862 Blatt 2 (2000-12): Messen gasförmiger Emissionen - Messen aliphatischer und aromatischer Aldehyde und Ketone nach dem DNPH-Verfahren - Gaswaschflaschen-Methode.
7. VDI 3862 Blatt 3 (2000-12): Messen gasförmiger Emissionen - Messen aliphatischer und aromatischer Aldehyde und Ketone nach dem DNPH-Verfahren - Kartuschen-Methode.
8. DIN EN 14791:2006-04: Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von Schwefeldioxid - Referenzverfahren; Deutsche Fassung EN 14791:2005.
9. DIN EN 12619:2013-04: Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration des gesamten gasförmigen organisch gebundenen Kohlenstoffs - Kontinuierliches Verfahren mit dem Flammenionisationsdetektor; Deutsche Fassung EN 12619:2013.
10. DIN EN 13649:2002-05: Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von einzelnen gasförmigen organischen Verbindungen - Aktivkohleadsorptions- und Lösemitteldesorptionsverfahren; Deutsche Fassung EN 13649:2001.
11. DIN EN 14792:2006-04: Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von Stickstoffoxiden (NO_x) - Referenzverfahren: Chemilumineszenz; Deutsche Fassung EN 14792:2005.

HESSEN



Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Dezernat I3 – Luftreinhaltung, Emissionen

Ludwig-Mond-Straße 33
34121 Kassel