LAND BRANDENBURG

Landesamt für Umwelt

Dokumentation

der Berechnung von Messunsicherheiten und zur Datenqualität bei der Beurteilung der gasförmigen Luftschadstoffe Stickstoffdioxid, Ozon, Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid im Messjahr 2023

gemäß

DURCHFÜHRUNGSBESCHLUSS DER KOMMISSION vom 12. Dezember 2011

mit Bestimmungen zu den Richtlinien 2004/107/EG und 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf den Austausch von Informationen und die Berichterstattung über die Luftqualität

betreffend Artikel 9 – Beurteilungsverfahren, Anhang II, Teil D:

42: Datenqualitätsziele Schätzung der Unsicherheit

43: Datenqualitätsziele Dokumentation der Rückverfolgbarkeit und Schätzung der Unsicherheit

1. Allgemeine Grundlagen

Die Ermittlung von Messunsicherheiten bei der Anwendung luftanalytischer Messverfahren z.B. bei der Bewertung der Datenqualität von Messwerten wird hinsichtlich der theoretischen Grundlagen zur Ermittlung der Messunsicherheiten durch den „Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen“ (GUM) geregelt.

Die Norm DIN EN ISO 20988 „Luftbeschaffenheit – Leitfaden zur Schätzung der Messunsicherheit“ konkretisiert die allgemeinen Betrachtungen des GUM unter Berücksichtigung praktischer Gegebenheiten der Luftanalytik. Die Berechnung der Messunsicherheiten für die gasförmigen Komponenten Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Ozon und Kohlenmonoxid erfolgt gemäß dieser Norm.

Dabei wird für Stickstoffdioxid DIN EN 14211, für Ozon DIN EN 14625, für Schwefeldioxid DIN EN 14212 und für Kohlenmonoxid DIN EN 14626 angewendet.

Die Bewertung der Messunsicherheit für Messergebnisse basiert auf der Kombination von Unsicherheitsbeiträgen, welche

a) von den in Eignungsprüfungen ermittelten Werten für die Leistungskenngrößen abgeleitet wurden,
b) aus der Auswertung von Qualitätssicherungsdaten, z.B. für Null- und Spandrift stammen,
c) Bereiche von Einflussgrößen und Unsicherheiten von Kalibriergemischen widerspiegeln sowie
d) dem Unsicherheitsbeitrag der Probenahme selbst geschuldet sind.

Der Beitrag der Datenübertragung wird im endgültigen Unsicherheitsbudget nicht berücksichtigt.

Die Berechnung der kombinierten Standardunsicherheit u erfolgt mit Hilfe des Unsicherheitsfortpflanzungsgesetztes und ergibt sich wie folgt:

$$u = \sqrt{u_{FK}^2(y) + u^2(y_R) + u_{EP}^2 + u_{PN}^2 + u_{zus}^2}$$

Dabei ist:

$u_{FK}(y)$	Unsicherheitsbeitrag aus den Funktionskontrollen
$u(y_R)$	Unsicherheit des Referenzmaterials
u_{EP}	Unsicherheit des Messgerätetyps
u_{PN}	Unsicherheit der Probenahme
u_{zus}	zusätzlicher Unsicherheitsbeitrag der Messstelle

Die absolute erweiterte Unsicherheit wird wie folgt berechnet:

$$U = k * u$$

mit $k = 2$.

Dabei ist:

U	die erweiterte Messunsicherheit, in nmol/mol bzw. µmol/mol
k	der Erweiterungsfaktor für etwa 95%
u	die kombinierte Standardunsicherheit in nmol/mol bzw. µmol/mol

Die relative erweiterte Unsicherheit wird wie folgt berechnet:

$$W = \frac{U}{l_h} * 100$$

Dabei ist:

W die relative erweiterte Messunsicherheit, in %

U die erweiterte Messunsicherheit, in nmol/mol bzw. µmol/mol

l_h Bezugswert/Grenzwert in nmol/mol bzw. µmol/mol

Die Kennwerttabellen im Abschnitt 2 entstammen unserer Messnetzzentralensoftware. Folgende Abkürzungen und Bezugsgrößen haben wir verwendet:

Tabelle 1: Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung	Einheit
Rel.erw. Uns.	Relative erweiterte Unsicherheit	%
Bezugswert	Grenzwert oder Wert aus der Funktionskontrolle	µg/m³ / mg/m³
Abs. erw. Uns.	Absolute erweiterte Unsicherheit; maximaler Wert	µg/m³ / mg/m³
Abs.Std.Uns.	Absolute Standardunsicherheit	µg/m³ / mg/m³
Rel.erw.Uns.max.	relative erweiterte Unsicherheit; maximaler Wert	%
Rel.erw.Uns.min	relative erweiterte Unsicherheit, minimaler Wert	%
uFK(y)	Teilunsicherheit eines Wertes aus der Funktionskontrolle	ppb / ppm
u(yR)	Teilunsicherheit des Referenzmaterials	%
uEP	Teilunsicherheit des Messgerätetyps	ppb / ppm
uPN	Teilunsicherheit der Probenahme	%
u(zus)	Teilunsicherheit zusätzlich aus der Messstelle	%
Anz.FK	Anzahl der gültigen Funktionskontrollen	dimensionslos

Tabelle 2: Bezugsgrößen

Luftschadstoff	Bezugszeitraum	Bezugswert	Art
Stickstoffdioxid	1 Jahr	40µg/ m³ ≙ 21 ppb	Grenzwert
	1 Stunde	200 µg/m³ ≙ 104 ppb	Grenzwert
Ozon	1 Stunde	240 µg/ m³ ≙ 120 ppb	Alarmwert
	8 Stunden	120 µg/m³ ≙ 60 ppb	Grenzwert
Schwefeldioxid	1 Tag	125 µg/m³ ≙ 46 ppb	Grenzwert
	1 Stunde	350 µg/m³ ≙ 130 ppb	Grenzwert
Kohlenmonoxid	8 Stunden	10 mg/m³ ≙ 8,6 ppm	Grenzwert

Tabelle 3: Gesetzliche Datenqualitätsziele bei Beurteilung der Luftqualität mit ortsfesten Messungen

Luftschadstoff	Mindestdatenerfassung (%)	max. erlaubte erweiterte Messunsicherheit (%)	Prüfergebnis Datenqualitätsziele
Stickstoffdioxid	90%	15%	erreicht
Ozon	90%	15%	erreicht
Schwefeldioxid	90%	15%	erreicht
Kohlenmonoxid	90%	15%	erreicht

2. Messunsicherheiten für das Beurteilungsjahr

Tabelle 4: Messunsicherheit Stickstoffdioxid-Monitore - Berechnung der Unsicherheit nach den Feldbedingungen 40 µg/m³ Messunsicherheit-durchschnittlich

Berechnung der Messunsicherheit für Stickstoffdioxid-Jahresmittel 01.01.2023 00:30 - 31.12.2023 24:00

Messort	Parameter	Rel.erw. Uns.	Bezugs-wert	Abs.erw. Uns.	Abs.Std. Uns.	Rel.erw.Uns. max	Rel.erw.Uns. min
Bernau, Lohmühlenstr.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	6,98	40	3	1	7,66	6,78
Blankenfelde-Mahlow	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,41	40	3	1	8,08	6,55
Brandenburg a.d.Havel	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,67	40	3	2	7,95	6,47
Brandenburg, Neuendorfer Str.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,65	40	3	2	7,84	7,22
Cottbus	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,8	40	3	2	8,28	6,59
Cottbus, Bahnhofstr.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,49	40	3	1	7,99	6,61
Dallgow-Döberitz	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,2	40	3	1	7,25	7,14
Eberswalde, Breite Str.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,85	40	3	2	8,02	6,85
Eisenhüttenstadt	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,51	40	3	2	10,44	6,54
Elsterwerda	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,17	40	3	1	7,65	6,56
Frankfurt (Oder)	Stickstoffdioxid [µg/m³]	8,6	40	3	2	9,98	6,63
Frankfurt(O), Leipziger Str.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,26	40	3	1	8,33	6,47
Hasenholz (Buckow)	Stickstoffdioxid [µg/m³]	8,2	40	3	2	9,82	7,08
Luckenwalde	Stickstoffdioxid [µg/m³]	8,23	40	3	2	10,02	6,59
Lütte (Belzig)	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,2	40	3	1	7,65	6,68
Nauen	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,03	40	3	1	8,45	6,65
Neuruppin	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7	40	3	1	7,5	6,68
Potsdam, Groß Glienicke	Stickstoffdioxid [µg/m³]	6,73	40	3	1	6,85	6,55
Potsdam, Großbeerenstr.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	8,09	40	3	2	9,16	6,84
Potsdam, Zeppelinstr.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	8,35	40	3	2	10,3	7,45
Potsdam-Zentrum	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,84	40	3	2	8,17	6,71
Schwedt/Oder	Stickstoffdioxid [µg/m³]	6,99	40	3	1	7,3	6,89
Spreewald	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,1	40	3	1	7,62	6,62
Spremberg	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,07	40	3	1	8,56	6,54
Wildau	Stickstoffdioxid [µg/m³]	8,11	40	3	2	8,13	7,96
Wittenberge	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,08	40	3	1	7,4	6,74

Tabelle 5: Messunsicherheit Stickstoffdioxid-Monitore - Berechnung der Unsicherheit nach den Feldbedingungen 200 µg/m³ Messunsicherheit-durchschnittlich

Berechnung der Messunsicherheit für Stickstoffdioxid-Jahresmittel 01.01.2023 00:30 - 31.12.2023 24:00

Messort	Parameter	Rel.erw. Uns.	Bezugs-wert	Abs.erw. Uns.	Abs.Std. Uns.	Rel.erw.Uns. max	Rel.erw.Uns. min
Bernau, Lohmühlenstr.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	6,98	200	14	7	7,66	6,78
Blankenfelde-Mahlow	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,41	200	15	7	8,08	6,55
Brandenburg a.d.Havel	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,67	200	15	8	7,95	6,47
Brandenburg, Neuendorfer Str.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,65	200	15	8	7,84	7,22
Cottbus	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,8	200	16	8	8,28	6,59
Cottbus, Bahnhofstr.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,49	200	15	7	7,99	6,61
Dallgow-Döberitz	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,2	200	14	7	7,25	7,14
Eberswalde, Breite Str.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,85	200	16	8	8,02	6,85
Eisenhüttenstadt	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,51	200	15	8	10,44	6,54
Elsterwerda	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,17	200	14	7	7,65	6,56
Frankfurt (Oder)	Stickstoffdioxid [µg/m³]	8,6	200	17	9	9,98	6,63
Frankfurt(O), Leipziger Str.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,26	200	15	7	8,33	6,47
Hasenholz (Buckow)	Stickstoffdioxid [µg/m³]	8,2	200	16	8	9,82	7,08
Luckenwalde	Stickstoffdioxid [µg/m³]	8,23	200	16	8	10,02	6,59
Lütte (Belzig)	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,2	200	14	7	7,65	6,68
Nauen	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,03	200	14	7	8,45	6,65
Neuruppin	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7	200	14	7	7,5	6,68
Potsdam, Groß Glienicke	Stickstoffdioxid [µg/m³]	6,73	200	13	7	6,85	6,55
Potsdam, Großbeerenstr.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	8,09	200	16	8	9,16	6,84
Potsdam, Zeppelinstr.	Stickstoffdioxid [µg/m³]	8,35	200	17	8	10,3	7,45
Potsdam-Zentrum	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,84	200	16	8	8,17	6,71
Schwedt/Oder	Stickstoffdioxid [µg/m³]	6,99	200	14	7	7,3	6,89
Spreewald	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,1	200	14	7	7,62	6,62
Spremberg	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,07	200	14	7	8,56	6,54
Wildau	Stickstoffdioxid [µg/m³]	8,11	200	16	8	8,13	7,96
Wittenberge	Stickstoffdioxid [µg/m³]	7,08	200	14	7	7,4	6,74

Tabelle 6: Messunsicherheit Ozon-Monitore - Berechnung der Unsicherheit nach den Feldbedingungen 120 µg/m³ Messunsicherheit-durchschnittlich

Berechnung der Messunsicherheit für Ozon-Jahresmittel 01.01.2023 00:30 - 31.12.2023 24:00

Messort	Parameter	Rel.erw.Uns.	Bezugs-wert	Abs.erw. Uns.	Abs.Std. Uns.	Rel.erw.Uns. max	Rel.erw.Uns. min
Blankenfelde-Mahlow	Ozon [µg/m³]	7,09	120	9	4	9,29	6,67
Brandenburg a.d.Havel	Ozon [µg/m³]	8,33	120	10	5	8,7	7,24
Cottbus	Ozon [µg/m³]	7,54	120	9	5	8,81	7,06
Dallgow-Döberitz	Ozon [µg/m³]	7,62	120	9	5	10,82	6,67
Eisenhüttenstadt	Ozon [µg/m³]	7,8	120	9	5	8,03	7,56
Elsterwerda	Ozon [µg/m³]	8,68	120	10	5	10,24	7,66
Frankfurt (Oder)	Ozon [µg/m³]	7,67	120	9	5	8,33	7,42
Hasenholz (Buckow)	Ozon [µg/m³]	8,28	120	10	5	9,59	7,95
Luckenwalde	Ozon [µg/m³]	7,33	120	9	4	7,47	7,31
Lütte (Belzig)	Ozon [µg/m³]	8,45	120	10	5	8,83	7,22
Nauen	Ozon [µg/m³]	6,87	120	8	4	7,43	6,74
Neuruppin	Ozon [µg/m³]	8,06	120	10	5	8,35	7,36
Potsdam, Groß Glienicke	Ozon [µg/m³]	7,84	120	9	5	9,36	6,77
Potsdam-Zentrum	Ozon [µg/m³]	7,6	120	9	5	7,69	6,82
Schwedt/Oder	Ozon [µg/m³]	8,22	120	10	5	8,46	7,36
Spreewald	Ozon [µg/m³]	8,06	120	10	5	8,49	7,49
Spremberg	Ozon [µg/m³]	7,73	120	9	5	8,18	7,44
Wildau	Ozon [µg/m³]	8,34	120	10	5	9,02	7,66
Wittenberge	Ozon [µg/m³]	8,4	120	10	5	8,43	8,4

Tabelle 7: Messunsicherheit Ozon-Monitore - Berechnung der Unsicherheit nach den Feldbedingungen 240 µg/m³ Messunsicherheit-durchschnittlich

Berechnung der Messunsicherheit für Ozon-Jahresmittel 01.01.2023 00:30 - 31.12.2023 24:00

Messort	Parameter	Rel.erw.Uns.	Bezugs-wert	Abs.erw. Uns.	Abs.Std. Uns.	Rel.erw.Uns. max	Rel.erw.Uns. min
Blankenfelde-Mahlow	Ozon [µg/m³]	7,09	240	17	9	9,29	6,67
Brandenburg a.d.Havel	Ozon [µg/m³]	8,33	240	20	10	8,7	7,24
Cottbus	Ozon [µg/m³]	7,54	240	18	9	8,81	7,06
Dallgow-Döberitz	Ozon [µg/m³]	7,62	240	18	9	10,82	6,67
Eisenhüttenstadt	Ozon [µg/m³]	7,8	240	19	9	8,03	7,56
Elsterwerda	Ozon [µg/m³]	8,68	240	21	10	10,24	7,66
Frankfurt (Oder)	Ozon [µg/m³]	7,67	240	18	9	8,33	7,42
Hasenholz (Buckow)	Ozon [µg/m³]	8,28	240	20	10	9,59	7,95
Luckenwalde	Ozon [µg/m³]	7,33	240	18	9	7,47	7,31
Lütte (Belzig)	Ozon [µg/m³]	8,45	240	20	10	8,83	7,22
Nauen	Ozon [µg/m³]	6,87	240	16	8	7,43	6,74
Neuruppin	Ozon [µg/m³]	8,06	240	19	10	8,35	7,36
Potsdam, Groß Glienicke	Ozon [µg/m³]	7,84	240	19	9	9,36	6,77
Potsdam-Zentrum	Ozon [µg/m³]	7,6	240	18	9	7,69	6,82
Schwedt/Oder	Ozon [µg/m³]	8,22	240	20	10	8,46	7,36
Spreewald	Ozon [µg/m³]	8,06	240	19	10	8,49	7,49
Spremberg	Ozon [µg/m³]	7,73	240	19	9	8,18	7,44
Wildau	Ozon [µg/m³]	8,34	240	20	10	9,02	7,66
Wittenberge	Ozon [µg/m³]	8,4	240	20	10	8,43	8,4

Tabelle 8: Messunsicherheit Schwefeldioxid-Monitore - Berechnung der Unsicherheit nach den Feldbedingungen 125 µg/m³ Messunsicherheit-durchschnittlich

Berechnung der Messunsicherheit für Schwefeldioxid - Jahresmittel 01.01.2023 00:30 - 31.12.2023 24:00

Messort	Parameter	Rel.erw.Uns.	Bezugs-wert	Abs.erw. Uns.	Abs.Std. Uns.	Rel.erw.Uns. max	Rel.erw.Uns. min
Cottbus	Schwefeldioxid [µg/m³]	8,34	125	10	5	11,83	7,43
Dallgow-Döberitz	Schwefeldioxid [µg/m³]	6,42	125	8	4	7,65	6,2
Eisenhüttenstadt	Schwefeldioxid [µg/m³]	9,14	125	11	6	11,87	7,62
Potsdam-Zentrum	Schwefeldioxid [µg/m³]	7,09	125	9	4	7,21	6,08
Schwedt/Oder	Schwefeldioxid [µg/m³]	6,55	125	8	4	8,32	6,23
Spreewald	Schwefeldioxid [µg/m³]	8,52	125	11	5	9,38	5,91
Wildau	Schwefeldioxid [µg/m³]	8,18	125	10	5	8,8	6,65

Tabelle 9: Messunsicherheit Schwefeldioxid-Monitore - Berechnung der Unsicherheit nach den Feldbedingungen 350 µg/m³ Messunsicherheit-durchschnittlich

Berechnung der Messunsicherheit für Schwefeldioxid - Jahresmittel 01.01.2023 00:30 - 31.12.2023 24:00

Messort	Parameter	Rel.erw.Uns.	Bezugs-wert	Abs.erw. Uns.	Abs.Std. Uns.	Rel.erw.Uns. max	Rel.erw.Uns. min
Cottbus	Schwefeldioxid [µg/m³]	8,34	350	29	15	11,83	7,43
Dallgow-Döberitz	Schwefeldioxid [µg/m³]	6,42	350	22	11	7,65	6,2
Eisenhüttenstadt	Schwefeldioxid [µg/m³]	9,14	350	32	16	11,87	7,62
Potsdam-Zentrum	Schwefeldioxid [µg/m³]	7,09	350	25	12	7,21	6,08
Schwedt/Oder	Schwefeldioxid [µg/m³]	6,55	350	23	11	8,32	6,23
Spreewald	Schwefeldioxid [µg/m³]	8,52	350	30	15	9,38	5,91
Wildau	Schwefeldioxid [µg/m³]	8,18	350	29	14	8,8	6,65

Tabelle 10: Messunsicherheit Kohlenmonoxid-Monitore - Berechnung der Unsicherheit nach den Feldbedingungen 10 mg/m³ Messunsicherheit-durchschnittlich

Berechnung der Messunsicherheit für Kohlenmonoxid-Jahresmittel 01.01.2023 00:30 - 31.12.2023 24:00

Messort	Parameter	Rel.erw.Uns.	Bezugs-wert	Abs.erw. Uns.	Abs.Std. Uns.	Rel.erw.Uns. max	Rel.erw.Uns. min
Blankenfelde-Mahlow	Kohlenmonoxid [mg/m³]	10,68	10	1,07	0,53	10,73	10,55
Dallgow-Döberitz	Kohlenmonoxid [mg/m³]	10,65	10	1,07	0,53	10,69	10,57
Eisenhüttenstadt	Kohlenmonoxid [mg/m³]	10,74	10	1,07	0,54	10,81	10,58
Frankfurt(O), Leipziger Str.	Kohlenmonoxid [mg/m³]	10,69	10	1,07	0,53	10,8	10,62
Potsdam, Zeppelinstr.	Kohlenmonoxid [mg/m³]	10,72	10	1,07	0,54	10,87	10,59
Wildau	Kohlenmonoxid [mg/m³]	10,73	10	1,07	0,54	10,91	10,55

Fazit:

Im Messjahr 2023 wurden bei den Messungen der gasförmigen Schadstoffe folgende relative erweiterte Messunsicherheiten ermittelt:

Stickstoffdioxid:	**6,73%**	**bis**	**8,60%**
Ozon:	**6,87%**	**bis**	**8,68%**
Kohlenstoffmonoxid:	**10,65%**	**bis**	**10,74%**
Schwefeldioxid:	**6,42%**	**bis**	**9,14%**

Alle Ergebnisse liegen unter 15% und entsprechen damit dem Datenqualitätsziel der Luftqualitätsrichtlinie (Richtlinie 2008/50/EG).

Stand

22. Januar 2024

Kontakt

Abteilung Technischer Umweltschutz 1
Referat T14 – Luftqualität, Klima, Nachhaltigkeit
Telefon: +49 33201 442-313
E-Mail: mnz-luft@lfu.brandenburg.de

Informationen im Internet:
https://b9g.de/luftguetemessnetz