

DIN EN ISO 20988



Dieser Norm-Entwurf ist Bestandteil des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft, Band 5.

ICS 13.040.01

Einsprüche bis 2005-03-31

Entwurf

**Luftbeschaffenheit –
Leitfaden zur Schätzung der Messunsicherheit (ISO/DIS 20988:2004);
Deutsche Fassung prEN ISO 20988:2004**

Air Quality –

Guide to estimating measurement uncertainty (ISO/DIS 20988:2004);

German version prEN ISO 20988:2004

Qualité de l'air –

Guide pour estimer l'incertitude de mesure (ISO/DIS 20988:2004);

Version allemande prEN ISO 20988:2004

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an krdl@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, 40002 Düsseldorf (Hausanschrift: Robert-Stolz-Str. 5, 40470 Düsseldorf).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 73 Seiten

Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss

Nationales Vorwort

Der europäische Norm-Entwurf prEN ISO 20988 wurde vom Unterkomitee SC 4 „Allgemeine Gesichtspunkte“ des Technischen Komitees ISO/TC 146 „Luftbeschaffenheit“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ erarbeitet. An der Erstellung dieser Norm waren deutsche Experten des Fachbereiches IV „Umweltmesstechnik“ der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss – beteiligt.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Schriftstücke wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen und andere deutsche Unterlagen hingewiesen:

GUM	siehe DIN V ENV 13005
VIM	siehe Internationales Wörterbuch der Metrologie
ISO 5725-2	siehe DIN ISO 5725-2
ISO 5725-5	siehe DIN ISO 5725-5
ISO 11222	siehe DIN ISO 11222
ISO 14956	siehe DIN EN ISO 14956

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN V ENV 13005, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*

DIN ISO 5725-2, *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen – Teil 2: Grundlegende Methode für Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichpräzision eines vereinheitlichten Messverfahrens*

DIN ISO 5725-5, *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen – Teil 5: Alternative Methoden für die Ermittlung der Präzision eines vereinheitlichten Messverfahrens*

DIN ISO 11222, *Luftbeschaffenheit – Ermittlung der Unsicherheit von zeitlichen Mittelwerten von Luftbeschaffenheitsmessungen*

DIN EN ISO 14956, *Luftbeschaffenheit – Beurteilung der Eignung eines Messverfahrens durch Vergleich mit einer geforderten Messunsicherheit*

Internationales Wörterbuch der Metrologie (Deutsche Fassung des „International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology“ – VIM), 2. Auflage, Beuth: Berlin 1994 ¹⁾

1) Zu beziehen durch: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin (Besucher- und Lieferanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin), Tel.: 030 2601-0, Fax: 030 2601-1231

Luftbeschaffenheit — Leitfaden zur Schätzung der Messunsicherheit (ISO/DIS 20988:2004)

Qualité de l'air — Guide pour estimer l'incertitude de mesure (ISO/DIS 20988:2004)

Air quality — Guide to estimating measurement uncertainty (ISO/DIS 20988:2004)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

Inhalt

Seite

Vorwort.....	3
Einleitung.....	3
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Normative Verweisungen.....	4
3 Begriffe.....	4
4 Symbole und Abkürzungen.....	7
5 Grundlagen.....	9
5.1 Übersicht.....	9
5.2 Messunsicherheit.....	10
5.3 Korrektur systematischer Effekte.....	12
5.4 Bereitstellung von Eingangsdaten.....	13
6 Problembeschreibung.....	14
6.1 Ziele.....	14
6.2 Messung.....	15
6.3 Geforderte Unsicherheitsparameter.....	16
6.4 Eingangsdaten.....	16
6.5 Effekte, die nicht durch Reihen von Beobachtungen beschrieben werden.....	20
7 Statistische Analyse.....	21
7.1 Ziele.....	21
7.2 Indirekter Ansatz.....	23
7.3 Direkter Ansatz.....	25
7.4 Statistische Gültigkeit.....	26
8 Schätzung der Varianzen und Kovarianzen.....	27
8.1 Allgemeines.....	27
8.2 Schätzwert für die Varianz vom Typ A.....	28
8.3 Schätzwerte für die Varianz vom Typ B.....	37
8.4 Schätzung von Kovarianzen.....	38
9 Ermittlung von Unsicherheitsparametern.....	39
9.1 Ziel.....	39
9.2 Kombinierte Standardunsicherheit.....	39
9.3 Erweiterte Messunsicherheit.....	40
9.4 Überdeckungswahrscheinlichkeit.....	42
10 Dokumentation.....	44
Anhang A (informativ) Überprüfung einer Überdeckungswahrscheinlichkeit.....	45
Anhang B (informativ) Untersuchung eines Messverfahrens bei Verwendung von Passivsammlern.....	47
Anhang C (informativ) Validierung eines Referenzverfahrens durch Vergleichsmessungen.....	53
Anhang D (informativ) Vergleichsmessung mit einem Referenzverfahren.....	59
Anhang E (informativ) Kalibrierung einer automatischen Emissionsmeseinrichtung.....	64
Literaturhinweise.....	71

Vorwort

Dieses Dokument prEN ISO 20988:2004 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 146 „Luftbeschaffenheit“ erarbeitet.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Das allgemeine Konzept der Ermittlung der Messunsicherheit wird im *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen* (GUM) beschrieben. Im Vordergrund der praktischen Anleitungen des GUM steht die Auswertung von Reihen unverfälschter Beobachtungen. Messungen der Luftbeschaffenheit können auf Grund von zufälligen Einflüssen, die sich in einer Beobachtungsreihe nicht ändern, nur selten als unverfälscht angesehen werden.

Diese Internationale Norm berücksichtigt bei der Ermittlung der Messunsicherheit zufällige Einflüsse, die zu einer Streuung oder systematischen Abweichung in einer Reihe von Beobachtungen führen. Geeignete Daten können mit geeigneten Experimenten ermittelt werden, die einen Vergleich mit Referenzmaterialien oder mit Referenzmesseinrichtungen oder mit unabhängigen Messungen desselben Typs erlauben. Bei der Bereitstellung von experimentellen Daten zur Unsicherheitsermittlung ist es wichtig, dass die Repräsentativität hinsichtlich der Streuungen und systematischen Abweichungen, die bei der vorgesehenen Anwendung des Messverfahrens auftreten, sichergestellt ist.

Die in dieser Internationalen Norm bereitgestellten allgemeinen Anleitungen und statistischen Verfahren richten sich an Fachleute, die mit Messungen der Luftbeschaffenheit vertraut sind und beispielsweise in der Normung, der Validierung oder der Dokumentation von Verfahren zur Messung der Außenluft, der Innenraumluft, der Emissionen aus stationären Quellen, der Luft am Arbeitsplatz und der Meteorologie tätig sind.

Diese Internationale Norm liefert keine umfassenden Informationen zur Planung und Durchführung von Experimenten, die zum Zwecke der Unsicherheitsermittlung auszuwerten sind.

Unsicherheiten von Messergebnissen, die auf einer unvollständigen zeitlichen Überdeckung der Messdaten beruhen, werden in diesem Dokument nicht behandelt. In diesem Zusammenhang wird auf ISO 11222 verwiesen. Unsicherheiten von Messergebnissen, die durch unvollständige räumliche Überdeckung der Messdaten hervorgerufen werden, werden in diesem Dokument ebenfalls nicht behandelt.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm stellt eine umfassende Anleitung und konkrete statistische Verfahren zur Ermittlung der Unsicherheit von Messungen der Luftbeschaffenheit bereit. Dies schließt Messungen der Außenluft, der Emissionen aus stationären Quellen, der Innenraumluft, der Luft am Arbeitsplatz und der Meteorologie ein. Diese Internationale Norm setzt die allgemeinen Empfehlungen des *Leitfadens zur Angabe der Unsicherheit beim Messen* (GUM) für die bei Messungen der Luftbeschaffenheit vorliegenden Randbedingungen um. Zu den betrachteten Randbedingungen gehören Messgrößen mit schnellen zeitlichen Änderungen und das Auftreten von systematischen Abweichungen in Beobachtungsreihen, die unter den Bedingungen der vorgesehenen Anwendung des Verfahrens zur Messung der Luftbeschaffenheit gewonnen werden. Zu den betrachteten Messverfahren zählen Verfahren mit einer Korrektur bezüglich systematischer Einflüsse durch mehrmalige Beobachtung von Referenzmaterialien, Verfahren mit einer Kalibrierung auf der Basis von Vergleichsmessungen mit einem Referenzverfahren, Verfahren ohne Korrektur bezüglich systematischer Abweichungen, da sie auf Grund ihrer Gestaltung keine systematischen Abweichungen aufweisen, und Verfahren ohne Korrektur bezüglich systematischer Abweichungen bei der vorgesehenen Anwendung, bei denen die systematischen Abweichungen bewusst zugelassen werden. Die experimentellen Daten zur Unsicherheitsermittlung können entweder durch ein einzelnes Experiment auf der Basis eines direkten Ansatzes oder durch Kombination verschiedener Experimente auf der Basis eines indirekten Ansatzes geliefert werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

GUM:1995, *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, First edition, BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML

3 Begriffe

3.1

systematische Messabweichung, Bias

systematischer Anteil der der Messabweichung eines Messgerätes

[VIM:1993, 5.25]

ANMERKUNG Eine systematische Messabweichung einer Reihe von Beobachtungen vom anerkannten Referenzwert kann entweder durch systematische Effekte oder durch zufällige Effekte, die einen (unbekannten) festen Beitrag zu den Werten einer Reihe von Beobachtungen liefern.

3.2

kombinierte Standardunsicherheit

Standardunsicherheit eines Messergebnisses, wenn dieses Ergebnis aus den Werten einer Anzahl anderer Größen gewonnen wird, welche gleich der positiven Quadratwurzel einer Summe von Gliedern ist, wobei die Glieder Varianzen oder Kovarianzen dieser anderen Größen sind, gewichtet danach, wie das Messergebnis mit Änderungen dieser Größen variiert

[GUM:1995, 2.3.4]

ANMERKUNG Das Adjektiv „kombiniert“ kann häufig ohne Verlust der Allgemeinheit weggelassen werden.

3.3

Erweiterungsfaktor

Zahlenfaktor, mit dem die kombinierte Standardunsicherheit multipliziert wird, um eine erweiterte Messunsicherheit zu erhalten

[GUM:1995, 2.3.6]

3.4

Überdeckungswahrscheinlichkeit

Anteil von Messergebnissen von dem erwartet wird, dass er von einem festgelegten Intervall überdeckt wird

3.5

Freiheitsgrade

ganz allgemein die Anzahl der Glieder einer Summe abzüglich der Anzahl der Nebenbedingungen, die für die Glieder dieser Summe gelten

[GUM:1995, C.2.31]

ANMERKUNG Für den Schätzwert einer Varianz kann die (effektive) Anzahl der Freiheitsgrade als diejenige Anzahl unabhängiger Informationen angesehen werden, die zur Ermittlung dieses Schätzwertes der Varianz als Kenngröße der Stichprobe verwendet wurden.

3.6

erweiterte Messunsicherheit

Kennwert, der einen Bereich $[y - U_p(y); y + U_p(y)]$ um das Messergebnis kennzeichnet, von dem erwartet werden kann, dass er einen großen Anteil der Verteilung p der Werte umfasst, die der Messgröße vernünftigerweise zugeordnet werden könnten

[GUM:1995, 2.3.5]

ANMERKUNG Die Überdeckungswahrscheinlichkeit p kann auch „Vertrauensniveau“ genannt werden, falls das Messergebnis y als arithmetischer Mittelwert bestimmt wurde.

3.7

Erwartungswert (einer Zufallsgröße X)

- 1) Für eine diskrete Zufallsgröße X , die die Werte x_i mit den Wahrscheinlichkeiten p_i annimmt, ist der Erwartungswert durch $E(X) = \sum p_i x_i$ definiert, wobei die Summierung über alle x_i zu erstrecken ist, die von X angenommen werden können.
- 2) Für eine stetige Zufallsgröße X mit der Wahrscheinlichkeitsdichte $f(x)$ ist der Erwartungswert durch $E(X) = \int x \cdot f(x) \cdot dx$ definiert, wobei die Integration über den Gesamtbereich der Werte von X zu erstrecken ist.

[GUM:1995, C.2.9]

ANMERKUNG Die Begriffe „Erwartungswert“ und „Mittelwert der Grundgesamtheit“ werden in diesem Dokument gleichbedeutend verwendet.

3.8

empirische Standardabweichung

für eine Reihe von N Messungen derselben Messgröße die Größe $s(x)$, welche die Streuung der Ergebnisse charakterisiert und durch die Formel

$$s(x) = \sqrt{\sum_{j=1}^N \frac{(x(j) - \bar{x})^2}{N-1}}$$

gegeben ist, wobei $x(j)$ das Ergebnis der j -ten Messung und $\bar{x}$ der arithmetische Mittelwert der N Ergebnisse ist

[GUM:1995, B.2.17]

ANMERKUNG $s^2(x)$ ist ein unverfälschter Schätzwert für die Varianz $\sigma^2(X)$ der untersuchten Zufallsgröße X , falls die Reihe von Beobachtungen $x(j)$ mit $j = 1$ bis N keinen Bias enthält.

3.9

Messgröße

spezielle Größe, die Gegenstand einer Messung ist

[VIM:1993, 2.6]

ANMERKUNG Es wird angenommen, dass die Messgröße zumindest für die Zeitdauer einer einzelnen Messung einen bestimmten Wert aufweist.

3.10

Messung

Gesamtheit der Tätigkeiten zur Ermittlung eines Größenwertes

[VIM:1993, 2.1]

3.11

Messeinrichtung

Gesamtheit von Geräten und anderen Einrichtungen einschließlich der Bedienungsanweisungen zur Durchführung von festgelegten Luftbeschaffenheitsmessungen

[ISO 11222:2002, 3.9]

ANMERKUNG Eine Messeinrichtung ist eine technische Realisierung eines Messverfahrens. Die Dokumentation des Messverfahrens wird als Bestandteil der Messeinrichtung angesehen.

3.12

Grundgesamtheit

Menge der betrachteten Elemente

[ISO 3534-1:1993, 2.3]

ANMERKUNG Die Grundgesamtheit ist die Menge aller möglichen Messergebnisse, die für eine bestimmte Messgröße mit allen möglichen Realisierungen des festgelegten Messverfahrens ermittelt werden können.

3.13

Referenzmaterial (RM)

Material oder Substanz von ausreichender Homogenität, von dem bzw. der ein oder mehrere Merkmale so genau festgelegt sind, dass sie zur Kalibrierung und/oder Validierung einer Messeinrichtung verwendet werden können

[abgeleitet aus VIM:1993, 6.13]

ANMERKUNG Ein Referenzmaterial kann in reiner oder gemischter Form als Gas, Flüssigkeit oder Feststoff vorliegen.

3.14

Repräsentativität

Vermögen einer Reihe von Beobachtungen zur Bereitstellung eines unverfälschten Schätzwertes einer Kenngröße einer festgelegten statistischen Grundgesamtheit

3.15

Messergebnis

einer Messgröße zugeordneter, durch Messung gewonnener Wert

[VIM:1993, 3.1]

3.16

Empfindlichkeitskoeffizient

Abweichung des Messergebnisses geteilt durch die Abweichung der Einflussgröße, die die Änderung verursacht, wobei alle anderen Einflussgrößen konstant gehalten werden

3.17

Standardabweichung (einer Zufallsgröße oder einer Wahrscheinlichkeitsverteilung)
positive Quadratwurzel aus der Varianz

[GUM:1995, C.2.12]

ANMERKUNG Im Allgemeinen wird die Standardabweichung der Verteilung einer Zufallsvariablen X durch die positive Quadratwurzel aus einem Schätzwert für die Varianz der Verteilung von X geschätzt.

3.18

Standardunsicherheit

als Standardabweichung ausgedrückte Unsicherheit des Ergebnisses einer Messung

[GUM:1995, 2.3.1]

ANMERKUNG Die Standardunsicherheit eines Messergebnisses ist ein Schätzwert für die Standardabweichung der Verteilung aller möglichen Messergebnisse, die mittels derselben Messmethode für die durch einen eindeutigen Wert gekennzeichnete Messgröße ermittelt werden können.

3.19

Mess(unsicherheit)

dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden könnte

[GUM:1995, B.2.18; VIM:1993, 3.9]

3.20

Varianz

<einer Zufallsgröße oder einer Wahrscheinlichkeitsverteilung> Erwartungswert des Quadrats der zentrierten Zufallsgröße:

$$\sigma^2(X) = E\{[X - E(X)]^2\}$$

[GUM:1995, C.2.11]

ANMERKUNG Die Varianz $\sigma^2(X)$ der Verteilung einer Zufallsgröße X kann durch das Quadrat der empirischen Standardabweichung $s^2(x)$ einer Reihe von unabhängigen Beobachtungen $x(j)$ mit $j = 1$ bis N derselben unveränderten Messgröße geschätzt werden. Anderenfalls unterschätzt $s^2(x)$ die Varianz der Verteilung.

4 Symbole und Abkürzungen

a	Parameter (konstant)
b	Parameter (konstant)
c_i	Empfindlichkeitskoeffizient

$\text{cov}(x_i, x_k)$	Schätzwert für die Kovarianz zwischen Eingangsgrößen x_i und x_k
$E(X)$	Erwartungswert der Zufallsgröße X
f	Korrekturfaktor
$F_B(m, N, p)$	kumulative Binomialverteilung
i	Index
j	Index
k	Erweiterungsfaktor
K	Anzahl
N	Anzahl
P	beobachtete Überdeckungswahrscheinlichkeit
p	(unbekannter) wahrer Wert der Überdeckungswahrscheinlichkeit
p_0	geforderte Überdeckungswahrscheinlichkeit
$\sigma(X)$	Standardabweichung der Verteilung einer Zufallsgröße X
$s(x)$	empirische Standardabweichung des Datensatzes $x(j)$ mit $j = 1$ bis N
$t(p, \nu)$	$(2p-1)$ -Quantil der Studentschen t -Verteilung mit ν Freiheitsgraden
$u(x_i)$	Standardunsicherheit des Eingangswertes x_i
$u(x_R)$	(kombinierte) Standardunsicherheit des Referenzwertes x_R
$u(y_R)$	(kombinierte) Standardunsicherheit des Referenzwertes y_R
$u(y_R(j))$	(kombinierte) Standardunsicherheit des Referenzwertes $y_R(j)$
$U_p(y)$	erweiterte Messunsicherheit eines Messergebnisses y für einen Überdeckungsgrad p
$\text{var}(x_i)$	Schätzwert der Varianz der Eingangsgröße x_i
$\text{var}(Y)$	Schätzwert der Varianz möglicher Messergebnisse Y
$\text{var}(y)$	Schätzwert der Varianz der Messergebnisse $y(j)$ mit $j = 1$ bis N , die in einem direkten Ansatz beobachtet wurden
$w(y)$	relative Standardunsicherheit eines Messergebnisses y
$W_p(y)$	relative erweiterte Messunsicherheit eines Messergebnisses y für einen Überdeckungsgrad p
x_i	Eingangsgröße der Methodenmodellgleichung $y = f(x_1, \dots, x_K)$
x_R	Referenzwert für die Eingangsgröße x
δX	mögliche Abweichung der Einflussgröße x

Y	mögliches Messergebnis, das bei unabhängiger Wiederholung der Messung, welche zur Erzielung des Messergebnisses y durchgeführt wurde, vernünftigerweise derselben Messgröße zugeordnet werden könnte
y	Messergebnis
y_R	anerkannter Wert des Referenzmaterials der Messgröße
$y_R(i)$	Messergebnis, das mit einem Referenzmessverfahren erzielt wird
δY	mögliche Abweichung eines Messergebnisses y vom (unbekannten) wahren Wert der Messgröße, welche in den auszuwertenden Messdaten nicht implizit enthalten ist
α	Fehlerwahrscheinlichkeit
β	Fehlerwahrscheinlichkeit
Δ	relative Abweichung
μ	(unbekannter) wahrer Wert der Messgröße
$\hat{\mu}$	Schätzwert für den wahren Wert der Messgröße
ν	Anzahl der Freiheitsgrade
ν_{eff}	effektive Anzahl der Freiheitsgrade

5 Grundlagen

5.1 Übersicht

Das grundlegende Ziel dieser Internationalen Norm besteht darin, die Anwendung des *Leitfadens zur Angabe der Unsicherheit beim Messen* (GUM) in den verschiedenen Bereichen der Messung der Luftbeschaffenheit zu unterstützen. Dazu zählen Messungen der Außenluft, der Innenraumluft, der Meteorologie, der Emissionen aus stationären Quellen und der Luft am Arbeitsplatz. Es wird vorausgesetzt, dass Standardverfahren zur Messung der Luftbeschaffenheit vollständig dokumentiert sind, beispielsweise in Normen, Standardarbeitsanweisungen, Berichten über die Validierung oder anderen technischen Dokumenten.

Eine Dokumentation eines Messverfahrens sollte folgende Elemente beinhalten:

- Anweisungen zum vorgesehenen Gebrauch (Standardarbeitsanweisung);
- Anweisungen zur Korrektur systematischer Einflüsse, falls dies angebracht ist;
- Methodenmodellgleichung $y = f(x_1, \dots, x_K)$, falls das Messergebnis y mit Hilfe beobachteter oder anderweitig bekannter Eingangsgrößen x_i berechnet wird;
- Ergebnisse der Validierung des Messverfahrens, falls dies angebracht ist;
- Anweisungen, wie Unsicherheitsparameter den Messergebnissen y zuzuordnen sind.

Der Schwerpunkt dieser Internationalen Norm liegt auf der Zuordnung geeigneter Unsicherheitsparameter zu den Messergebnissen, die mit Messmethoden zur Ermittlung der Luftbeschaffenheit erzielt werden. Die Ermittlung der Messunsicherheit erfolgt in fünf Schritten. Dazu gehören

- die Problembeschreibung (siehe 6);
- die statistische Analyse (siehe 7);
- die Schätzung der Varianzen und Kovarianzen (siehe 8);
- die Berechnung der Unsicherheitsparameter (siehe 9);
- die Dokumentation (siehe 10).

Bild 1 zeigt den Zusammenhang zwischen dem 5-stufigen Verfahren dieser Internationalen Norm und den im GUM empfohlenen acht Stufen. Die Hauptziele der Problembeschreibung als getrennter erster Schritt sind

- a) die Identifizierung der zu beantwortenden Fragen;
- b) die Bereitstellung der auszuwertenden Eingangsdaten.

Diese Internationale Norm liefert ausgehend von einer geeigneten Problembeschreibung eine Anleitung zur Anwendung von statistischen Analysen und Auswerteverfahren, die ohne mathematische Fachkenntnisse anwendbar sind. Die Problembeschreibung erfordert Expertenwissen über die technischen Details der Messung und zumindest Grundkenntnisse des allgemeinen statistischen Konzepts der Unsicherheitsermittlung, wie sie im GUM beschrieben wird. Eine kurze Einführung in die statistischen Details der Unsicherheitsermittlung wird in 5.2, 5.3 und 5.4 gegeben.

5.2 Messunsicherheit

Messunsicherheit ist als „dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden könnte“ definiert (siehe 3.19).

Ein geeigneter Unsicherheitsparameter kann sein:

- die (kombinierte) Standardunsicherheit $u_c(y)$ eines Messergebnisses y ;
- die erweiterte Messunsicherheit $U_p(y)$ eines Messergebnisses y für einen festgelegten Überdeckungsgrad p ;
- die Überdeckungswahrscheinlichkeit p eines festgelegten Intervalls $[y(1-\Delta); y(1+\Delta)]$ um das Messergebnis y .

Nach Definition 3.19 ist die (kombinierte) Standardunsicherheit $u_c(y)$ eines Messergebnisses y die positive Quadratwurzel aus dem Schätzwert $\text{var}(Y)$ der Varianz der Verteilung möglicher Messergebnisse Y , die derselben Messgröße bei unabhängiger Wiederholung derjenigen Messung vernünftigerweise zugeordnet werden könnte, welche zur Erzielung des Messergebnisses y durchgeführt wurde. Demzufolge besteht die grundlegende Aufgabe der Unsicherheitsermittlung in der Bereitstellung eines Schätzwertes $\text{var}(Y)$ der Varianz der Verteilung möglicher Messergebnisse Y . Eine detaillierte statistische Behandlung dieses Punktes erfolgt in 7.

Nach Definition 3.6 beschreibt die erweiterte Messunsicherheit $U_p(y)$ ein Intervall $[y - U_p(y); y + U_p(y)]$ um das Messergebnis y , von dem erwartet wird, das es einen großen Anteil p der möglichen Ergebnisse einschließt, die derselben Messgröße bei unabhängiger Wiederholung der durchgeführten Messung vernünftigerweise zugeordnet werden könnte. Für eine festgelegte Überdeckungswahrscheinlichkeit p kann die entsprechende erweiterte Messunsicherheit $U_p(y)$ häufig als ein Vielfaches der (kombinierten) Standardunsicherheit $u_c(y)$ bestimmt werden. Dies unterstellt eine Gauß-Verteilung der möglichen Messergebnisse um den eindeutigen aber unbekannten Wert der Messgröße. Details werden in 9.3 beschrieben.



Bild 1 — Vergleich des 5-stufigen Verfahrens (linke Seite) mit dem 8-stufigen Verfahren nach GUM (rechte Seite)

Wenn ein festgelegtes Unsicherheitsintervall $[y(1-\Delta); y(1+\Delta)]$ und ein geeigneter Satz von Eingangsdaten gegeben sind, kann die entsprechende Überdeckungswahrscheinlichkeit p direkt in robuster Weise geschätzt werden. Diese Methode unterstellt keine Gauß-Verteilung der möglichen Messergebnisse um den unbekannten Wert der Messgröße. Details werden in 9.4 beschrieben. Eine auf diese Weise geschätzte Überdeckungswahrscheinlichkeit p kann mit einer geforderten Überdeckungswahrscheinlichkeit p_0 mit Hilfe eines Binomialtests nach Anhang A verglichen werden.

Wenn es angebracht ist, kann die kombinierte Standardunsicherheit $u_c(y)$ als Funktion des Messergebnisses y beschrieben werden, beispielsweise als $w(y) = u_c(y)/y = \text{konstant}$. Eine derartige Unsicherheitsfunktion kann eng mit der Methodenmodellgleichung $y = f(x_1, \dots, x_K)$ verknüpft sein, die zur Berechnung der Messergebnisse y verwendet wird. Dieses Konzept ist in Bild 2 dargestellt.

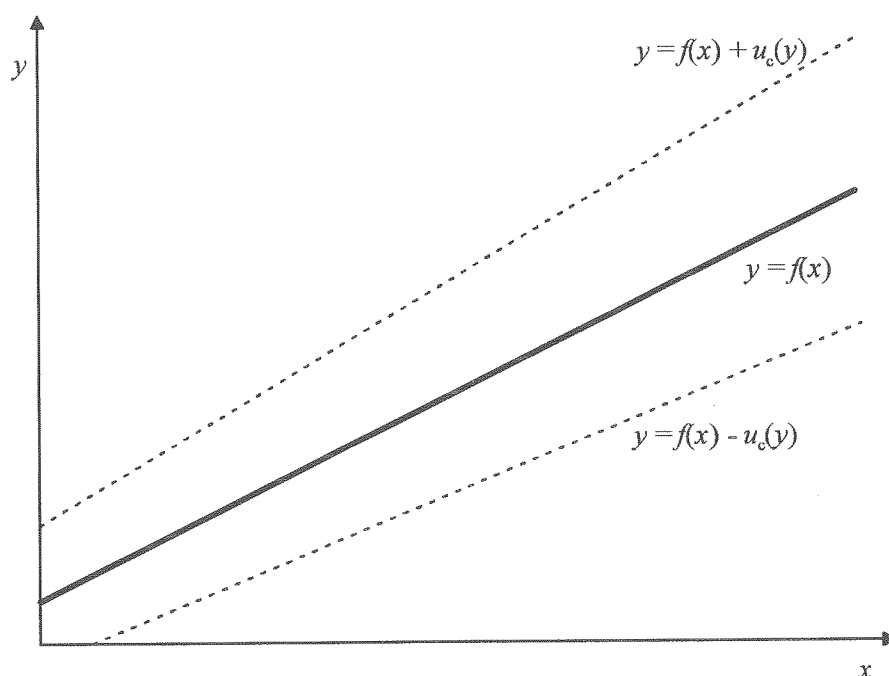


Bild 2 — Methodenmodellgleichung und Unsicherheitsfunktion

5.3 Korrektur systematischer Effekte

Die Korrektur systematischer Effekte ist ein integraler Bestandteil einer Messung, wenn dies in der zugehörigen Verfahrensbeschreibung so gefordert wird. Im Allgemeinen geschieht die Korrektur systematischer Effekte durch Vergleich mit einem oder mehreren Bezugsnormen, beispielsweise im Rahmen der Kalibrierung oder bei der Driftkontrolle. Geeignete Bezugsnormen können in Form von beispielsweise zertifizierten Referenzmaterialien oder zertifizierten Referenzmessverfahren bereitgestellt werden. Die Rückführbarkeit möglicher Messergebnisse kann durch Vergleich mit Referenzmaterialien, die SI-Einheiten repräsentieren, hergestellt werden. Für Referenzverfahren, die primäre Bezugsnormen darstellen, ist ein Vergleich mit anderen Bezugsnormen zum Zwecke der Korrektur nicht notwendig.

Die Korrektur systematischer Effekte reduziert den Bias möglicher Messergebnisse. Der nach der Korrektur für systematische Effekte verbleibende Bias, der so genannte unkorrigierte Bias, wird als zufälliger Effekt behandelt. Ein derartiger Bias kann beispielsweise durch die Unsicherheit der verwendeten Bezugsnormale oder durch die statistische Art des Korrekturverfahrens verursacht werden.

Für die Unsicherheitsermittlung ist es notwendig, Daten über die Streuungen und systematischen Messabweichungen, die durch zufällige Effekte bei der vorgesehenen Anwendung des Messverfahrens hervorgerufen werden, zu ermitteln.

ANMERKUNG 1 Ein Bias, dessen Wert bekannt ist, sollte bei der Messung korrigiert werden.

ANMERKUNG 2 Die Begriffe „Effekt“, „Einfluss“ und „Unsicherheitsquelle“ werden in dieser Internationalen Norm gleichwertig verwendet.

5.4 Bereitstellung von Eingangsdaten

Eingangsdaten für die Unsicherheitsermittlung müssen repräsentativ sein für alle Effekte, die Streuungen und unkorrigierten Bias bei der vorgesehenen Anwendung des betrachteten Messverfahrens verursachen. Geeignete Eingangsdaten können als eine Reihe von Beobachtungen oder durch statistische Auswertung einer Reihe von Beobachtungen oder durch fachkundige Beurteilung, wenn Reihen von Beobachtungen nicht vorliegen, geliefert werden.

Aus praktischen Gesichtspunkten kann die Unsicherheitsermittlung entweder mit einem indirekten Ansatz oder mit einem direkten Ansatz durchgeführt werden. Bei einem indirekten Ansatz werden Streuungen und unkorrigierter Bias getrennt für die Eingangsgrößen x_i der Methodenmodellgleichung $y = f(x_1, \dots, x_K)$, die zur Berechnung eines Messergebnisses y in der vorgesehenen Anwendung verwendet werden, ermittelt. Bei einem direkten Ansatz wird der Einfluss aller Effekte, die Streuungen und unkorrigierten Bias des Messergebnisses y verursachen, in einer kombinierten Weise in einem einzigen Experiment berücksichtigt. Der Schwerpunkt des GUM liegt auf dem indirekten Ansatz, wobei der direkte Ansatz jedoch nicht ausgeschlossen wird.

Die grundlegende Auswertemethode A (Typ A), die im GUM beschrieben wird, erfordert eine Reihe von unverfälschten Beobachtungen derselben unveränderten Größe mit derselben Messeinrichtung. Dieses Experiment wird einfache Stichprobenmessung genannt. Aus praktischen Gesichtspunkten erfordert eine einfache Stichprobenmessung eine vollständige Randomisierung aller Effekte zwischen aufeinander folgenden Beobachtungen derselben unveränderten Messgröße. Eine einfache Stichprobenmessung ist unter den Bedingungen des vorgesehenen Einsatzes von Verfahren zur Messung der Luftbeschaffenheit nur selten möglich. Dies liegt hauptsächlich an dem Auftreten zufälliger Effekte mit festen Werten, die einen unkorrigierten Bias verursachen.

Bei Messungen der Luftbeschaffenheit ist es häufig bequemer und kostengünstiger, die Eingangsdaten für die Unsicherheitsermittlung in Experimenten, die sich von einer einfachen Stichprobenmessung unterscheiden, zu ermitteln. In dieser Internationalen Norm werden die folgenden Experimente als Datenerhebungsstrategien für das festgelegte Messverfahren behandelt:

- A1: einfache Stichprobenmessungen;
- A2: Beobachtung eines Referenzmaterials mit Korrektur der Werte;
- A3: Beobachtung verschiedener Referenzmaterialien mit Korrektur der Werte;
- A4: mehrmalige Beobachtung von verschiedenen Referenzmaterialien im Rahmen eines Validierungsverfahrens;
- A5: Vergleichsmessungen mit einer Referenzmesseinrichtung;
- A6: Doppelbestimmungen mit zwei unabhängigen identischen Messeinrichtungen;
- A7: Ringversuch mit mehr als zwei identischen Messeinrichtungen unter Verwendung derselben (unbekannten) Messgröße;
- A8: Ringversuch (Vergleichsmessungen) mit mehr als zwei identischen Messeinrichtungen unter Feldbedingungen.

Die Datenerhebungsstrategien vom Typ A1 bis A8 sind bei indirekten und direkten Ansätzen zur Ermittlung der Unsicherheit von Verfahren zur Messung der Luftbeschaffenheit anwendbar. Zu diesen Messverfahren zählen

- Messverfahren mit Korrektur systematischer Effekte durch (mehrmalige) Beobachtung von Referenzmaterial;
- Messverfahren, die durch mehrmalige Beobachtung von Referenzmaterialien einer Messgröße vor der Routineanwendung validiert wurden;
- Messverfahren, die in Vergleichsmessungen mit einem Referenzverfahren kalibriert wurden;
- Messverfahren, die in Vergleichsmessungen mit einem Referenzverfahren überprüft wurden;
- gesetzliche oder vereinbarte Referenzmessverfahren, die in Ringversuchen validiert wurden.

Details zur Bereitstellung von Eingangsdaten und zu den anwendbaren mathematischen Auswerteverfahren werden in 6.4 bzw. 8.2 geliefert

6 Problembeschreibung

6.1 Ziele

Das Hauptziel der Problembeschreibung bei der Unsicherheitsermittlung ist die Identifizierung der Fragen, die zu beantworten sind, und die Bereitstellung der Eingangsdaten, die im Rahmen der statistischen Analyse und der Behandlung der Daten zu betrachten sind. Es ist sinnvoll, die folgenden Details festzulegen:

- die zu betrachtende Messung;
- der geforderte Unsicherheitsparameter;
- die auszuwertenden Eingangsdaten;
- die Effekte, die nicht durch die Eingangsdaten beschrieben werden.

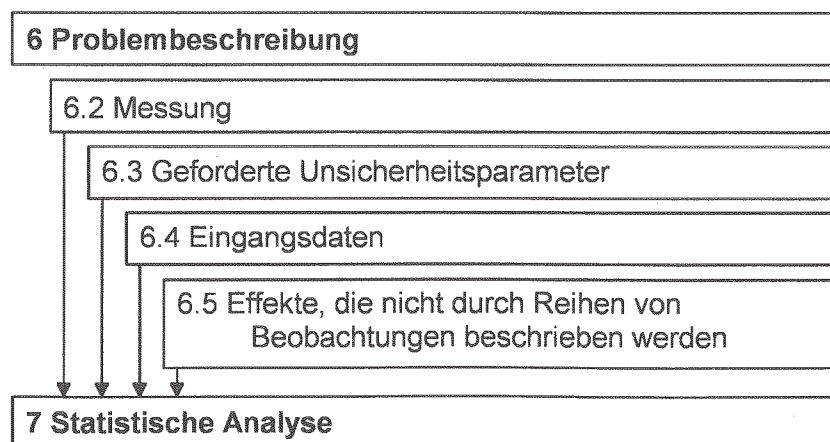


Bild 3 — Elemente der Problembeschreibung im Rahmen der Unsicherheitsermittlung

Bild 3 beschreibt die Beziehungen zwischen den Elementen der Problembeschreibung im Rahmen der Unsicherheitsermittlung. Die Problembeschreibung erfordert Fachkenntnisse hinsichtlich der technischen Details der betrachteten Messung. Die Anleitungen in 6.2 bis 6.4 sind ohne Fachkenntnisse der statistischen Modellierung von Messprozessen anwendbar.

6.2 Messung

Es sind (mindestens) die folgenden Details der Messung festzulegen:

- die Messgröße;
- das Messverfahren;
- die Methodenmodellgleichung $y = f(x_1, \dots, x_K)$, wenn Messergebnisse y mit beobachteten oder anderweitig bestimmten Eingangsgrößen x_i berechnet werden;
- die vorgesehene Anwendung des Messverfahrens.

Die Messgröße ist so festzulegen, dass sie zumindest für die Zeitdauer, die für eine einzelne Messung benötigt wird, einen zwar unbekannten, aber eindeutigen Wert μ aufweist.

Die Messgröße ist diejenige physikalische Größe, der durch die festgelegte Messung ein Zahlenwert und eine Einheit zuzuweisen ist. Weiterhin ist die Messgröße in der Weise festzulegen, dass zumindest die Durchführung von Vergleichsmessungen derselben Messgröße möglich ist. Im Bereich der Luftbeschaffenheit kann die Messgröße ihren Wert in Abhängigkeit von der Zeit und vom Ort ändern.

Das Messverfahren ist vollständig festzulegen, beispielsweise durch

- das anzuwendende Verfahren, z. B. die Standardarbeitsanweisung (SOP);
- die Art der Anwendung, z. B. zur routinemäßigen Überwachung der Emissionen stationärer Quellen, zur routinemäßigen Überwachung der Luft in Industrieanlagen, zur routinemäßigen Überwachung der Außenluft oder als Vergleichsmessverfahren im Labor;
- die Umgebungsbedingungen der jeweiligen Anwendung, z. B. Änderungen der Umgebungsbedingungen;
- die Kontrollbedingungen, z. B. für die Kalibrierung oder die Driftkontrolle.

Geeignete Beschreibungen sind häufig als Teil der anzuwendenden Verfahrensdokumentation verfügbar.

Falls dies angebracht ist und die Informationen verfügbar sind, können weitere Informationen über das Messverfahren bereitgestellt werden, beispielsweise Informationen über Effekte, die Streuungen und unkorrigierten Bias bei der betrachteten Anwendung verursachen.

Wenn die Messergebnisse y in der vorgesehenen Anwendung mit einer Methodenmodellgleichung $y = f(x_1, \dots, x_K)$ unter Verwendung beobachteter oder anderweitig ermittelter Eingangsgrößen x_i berechnet werden, muss die mathematische Struktur der Modellgleichung bei Verwendung eines indirekten Ansatzes bekannt sein. Die Grundlagen des direkten und indirekten Ansatzes werden in 5.4 beschrieben.

ANMERKUNG 1 In dieser Internationalen Norm wird die Messgröße als eine quantifizierbare Eigenschaft eines Messobjektes verstanden. Das Messobjekt kann beispielsweise ein Abgas, das von einem Kamin mit festgelegtem Querschnitt in einem festgelegten Zeitintervall emittiert wird, oder die Umgebungsluft, die an einer festgelegten Probenahmestelle in einem festgelegten Zeitintervall vorliegt, sein. Die entsprechende Messgröße kann beispielsweise die Masse (Massenstrom) von Schwefeldioxid sein, die von dem festgelegten Kamin in dem festgelegten Zeitintervall emittiert wird, oder die Konzentration von Schwefeldioxid in der Umgebungsluft an einem festgelegten Ort in einem festgelegten Zeitintervall.

ANMERKUNG 2 Die Methodenmodellgleichung bei Messungen der Luftbeschaffenheit auch „Analysenfunktion“ genannt.

Die vorgesehene Anwendung des Messverfahrens ist in der Weise festzulegen, dass die Repräsentativität der Eingangsdaten für diese Anwendung richtig bewertet werden kann. Dadurch wird sichergestellt, dass ein ermittelter Unsicherheitsparameter geeignet ist, die in der vorgesehenen Anwendung des festgelegten Messverfahrens ermittelten Messergebnisse zu beschreiben. Aus statistischer Sicht beschreibt die Anwendung des festzulegenden Messverfahrens die statistische Grundgesamtheit der möglichen Messergebnisse Y , die in der festgelegten Unsicherheitsermittlung zu betrachten sind.

Die Anwendung des Messverfahrens kann auf verschiedene Weise festgelegt werden, beispielsweise als

- Anwendung einer einzelnen Messeinrichtung unter gut definierten Laborbedingungen;
- Anwendung verschiedener Messeinrichtungen desselben Typs, die in einem Messnetz vom selben Labor eingesetzt werden;
- Anwendung verschiedener Messeinrichtungen desselben Typs, die in einem weiten Bereich von Feldbedingungen von verschiedenen Laboratorien eingesetzt werden.

6.3 Geforderte Unsicherheitsparameter

Der geforderte Unsicherheitsparameter ist festzulegen. Der für die festgelegte Grundgesamtheit von Messergebnissen y bereitzustellende Unsicherheitsparameter kann eine der folgenden Größen sein:

- die (kombinierte) Standardunsicherheit $u_c(y)$ in Einheiten von y ;
- die relative Standardunsicherheit $w(y)$;
- die erweiterte Messunsicherheit $U_p(y)$ für einen festgelegten Überdeckungsgrad p in Einheiten von y ;
- die relative erweiterte Messunsicherheit $W_p(y)$ für einen festgelegten Überdeckungsgrad p ;
- die Überdeckungswahrscheinlichkeit p eines festgelegten Unsicherheitsintervalls $[y - U_p(y); y + U_p(y)]$ oder $[y(1 - \Delta); y(1 + \Delta)]$ um das Messergebnis y .

Die Unsicherheitsermittlung kann erheblich vereinfacht werden, wenn ein einheitlicher Unsicherheitsparameter für einen festgelegten Bereich von Werten y des Messergebnisses gültig ist. Weitere Information über Unsicherheitsparameter werden in 9 gegeben.

6.4 Eingangsdaten

6.4.1 Allgemeines

Die Eingangsdaten für die Unsicherheitsermittlung müssen mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- der verwendete Ansatz zur Untersuchung der Streuung und des unkorrigierten Bias, wie sie in der vorgesehenen Anwendung des festgelegten Messverfahrens auftreten;
- das Experiment (die Experimente) zur Erhebung der Reihe von Beobachtungen;
- die auszuwertende Reihe von Beobachtungen;
- die Repräsentativität der als Eingangsdaten bereitgestellten Reihe von Beobachtungen.

Der zur Untersuchung von Streuungen und unkorrigiertem Bias verwendete Ansatz kann entweder ein indirekter oder ein direkter Ansatz sein.

Bei einem direkten Ansatz werden die Eingangsdaten als eine Reihe von Beobachtungen des Messergebnisses bereitgestellt, beispielsweise als

- A1: eine einfache Zufallsstichprobe $y(j)$ mit $j = 1$ bis N von unverfälschten Beobachtungen derselben Messgröße, die einen unbekannten aber festen Wert besitzt, unter Verwendung derselben Messeinrichtung;
- A2: eine Reihe von Beobachtungen $y(j)$ mit $j = 1$ bis N eines Referenzmaterials mit derselben Messeinrichtung und Korrektur der Werte;
- A3: eine Reihe von Beobachtungen $y(k, j)$ mit $j = 1$ bis N und $k = 1$ bis K von $K > 1$ Referenzmaterialien mit derselben Messeinrichtung im Rahmen einer Kalibrierung;
- A4: eine Reihe von Beobachtungen $y(m, k)$ mit $k = 1$ bis K und $m = 1$ bis M , die durch Anwendung von $M > 1$ identischen Messeinrichtungen auf die einzelnen Referenzmaterialien der Messgröße mit der Anzahl $K > 1$ gewonnen werden;
- A5: eine Reihe von Beobachtungen $y(j)$ mit $j = 1$ bis N , die durch Vergleichsmessungen einer einzelnen Messeinrichtung mit einem Referenzmessverfahren, das die Werte $y_R(j)$ liefert, gewonnen werden;
- A6: eine Reihe von Beobachtungen $\{y(1, j); y(2, j)\}$ mit $j = 1$ bis N , die durch Doppelbestimmungen mit zwei identischen Messeinrichtungen gewonnen werden;
- A7: eine Reihe von Beobachtungen $y(m, j)$ mit $j = 1$ bis N und $m = 1$ bis M , die im Ringversuch unter Beteiligung von $M > 2$ identischen Messeinrichtungen und Verwendung desselben Referenzmaterials gewonnen werden;
- A8: eine Reihe von Beobachtungen $y(m, j)$ mit $j = 1$ bis N und $m = 1$ bis M , die durch Vergleichsmessungen mit $M > 2$ identischen Messeinrichtungen unter Feldbedingungen gewonnen werden, wobei die Messeinrichtungen entweder einzeln von M Laboratorien oder paarweise von $M/2$ Laboratorien eingesetzt werden.

Geeignete Referenzwerte der Messgröße können bereitgestellt werden durch

- arithmetische Mittelwerte einer Reihe von unverfälschten Messergebnissen derselben Messgröße (A1);
- Referenzmaterialien der Messgröße (A2, A3, A4);
- Referenzmesseinrichtungen (A5);
- zwei unabhängige identische Messeinrichtungen (A6);
- mehr als zwei unabhängige Messeinrichtungen (A7, A8).

Bei einem indirekten Ansatz werden die Eingangsdaten getrennt für jede Eingangsgröße x_i der Methodenmodellgleichung $y = f(x_1, \dots, x_K)$, die zur Berechnung des Messergebnisses y in der vorgesehenen Anwendung verwendet wird, bereitgestellt. Für eine Eingangsgröße x_i der Methodenmodellgleichung $y = f(x_1, \dots, x_K)$, die als Messwert (Ausgangssignal) der Messeinrichtung vorliegt, sind beispielsweise die folgenden Eingangsdaten geeignet:

- A1: eine einfache Zufallsstichprobe $x(j)$ mit $j = 1$ bis N von unverfälschten Beobachtungen derselben Messgröße, die einen unbekannten aber festen Wert besitzt, unter Verwendung derselben Messeinrichtung;
- A2: eine Reihe von Beobachtungen $x(j)$ mit $j = 1$ bis N eines Referenzmaterials mit derselben Messeinrichtung und Korrektur der Werte;
- A3: eine Reihe von Beobachtungen $x(k, j)$ mit $j = 1$ bis N und $k = 1$ bis K von $K > 1$ Referenzmaterialien mit derselben Messeinrichtung im Rahmen einer Kalibrierung;

- A4: eine Reihe von Beobachtungen $x(m, k)$ mit $k = 1$ bis K und $m = 1$ bis M , die durch Anwendung von $M > 1$ identischen Messeinrichtungen auf die einzelnen Referenzmaterialien mit der Anzahl $K > 1$ gewonnen werden;
- A5: eine Reihe von Beobachtungen $x(j)$ mit $j = 1$ bis N , die durch Vergleichsmessungen einer einzelnen Messeinrichtung mit einem Referenzmessverfahren, das die Werte $x_R(j)$ liefert, gewonnen werden;
- A6: eine Reihe von Beobachtungen $\{x(1, j); x(2, j)\}$ mit $j = 1$ bis N , die durch Doppelbestimmungen mit zwei identischen Messeinrichtungen gewonnen werden;
- A7: eine Reihe von Beobachtungen $x(m, j)$ mit $j = 1$ bis N und $m = 1$ bis M , die im Ringversuch unter Beteiligung von $M > 2$ identischen Messeinrichtungen und Verwendung desselben Referenzmaterials gewonnen werden;
- A8: eine Reihe von Beobachtungen $x(m, j)$ mit $j = 1$ bis N und $m = 1$ bis M , die durch Vergleichsmessungen mit $M > 2$ identischen Messeinrichtungen unter Feldbedingungen gewonnen werden, wobei die Messeinrichtungen entweder einzeln von M Laboratorien oder paarweise von $M/2$ Laboratorien eingesetzt werden.

Geeignete Referenzwerte der Eingangsgröße x_i können bereitgestellt werden durch

- arithmetische Mittelwerte einer Reihe von unverfälschten Beobachtungen derselben Größe (A1);
- Referenzmaterialien in Einheiten der Eingangsgröße x_i (A2, A3, A4);
- Referenzmesseinrichtungen, die Ergebnisse in Einheiten von x_i liefern (A5);
- zwei unabhängige identische Messeinrichtungen, die Ergebnisse in Einheiten von x_i liefern (A6);
- mehr als zwei unabhängige Messeinrichtungen, die Ergebnisse in Einheiten von x_i liefern (A7, A8).

Für eine Eingangsgröße x_i , die eine Konstante der Messung oder einen Kalibrierparameter darstellt, können folgende Eingangsdaten verwendet werden:

- eine Reihe von Beobachtungen zur Bestimmung von x_i und $\text{var}(x_i)$ mit statistischen Methoden, beispielsweise ein Kalibrierdatensatz;
- Schätzwerte für x_i und $\text{var}(x_i)$, die im Rahmen einer gesicherten Auswertung durch Dritte bereitgestellt werden.

Tabelle 1 fasst die betrachteten Experimente zusammen und verweist auf die jeweils anwendbaren Auswertungsmethoden, die in 8.2 beschrieben werden.

Experimente vom Typ A2 und A5 eignen sich zur Ermittlung der Überdeckungswahrscheinlichkeit p eines festgelegten Unsicherheitsintervalls $[y - U_p(y); y + U_p(y)]$ bzw. $[y \cdot (1 - \Delta); y \cdot (1 + \Delta)]$ um ein Messergebnis y bei Verwendung eines direkten Ansatzes.

Tabelle 1 — Experimente und Auswertemethoden

Typ	Experiment	Typische Anwendung	Auswertemethode
A1	Einfache Stichprobenmessung	Vollständige Randomisierung aller Effekte zwischen aufeinander folgenden Beobachtungen derselben unveränderten Messgröße.	8.2.1, Fall A
		Ermittlung eines konstanten Parameters der Methodenmodellgleichung, wenn unverfälschte Realisierungen verfügbar sind	8.2.1, Fall B
A2	Mehrimalige Beobachtung eines Referenzmaterials mit einer Messeinrichtung	Driftkontrolle oder Kalibrierung	8.2.2
		Ermittlung der Überdeckungswahrscheinlichkeit p eines festgelegten Unsicherheitsintervalls	9.3
A3	Beobachtung verschiedener Referenzmaterialien im Rahmen einer Kalibrierung	Kalibrierung, wenn Referenzmaterialien verfügbar sind	8.2.3
A4	Beobachtung verschiedener Referenzmaterialien mit identischen Messeinrichtungen	Verfahrensvalidierung vor der Routineanwendung	8.2.4
A5	Vergleichsmessungen mit einem Referenzmessverfahren	Kalibrierung, falls ein Referenzverfahren verfügbar ist	8.2.5, Fall A
		Überprüfung, falls ein Referenzverfahren verfügbar ist	8.2.5, Fall B
		Ermittlung der Überdeckungswahrscheinlichkeit p eines festgelegten Unsicherheitsintervall	9.3
A6	Doppelbestimmungen mit zwei identischen Messeinrichtungen	Validierung eines Referenzmessverfahrens	8.2.6
		Validierung eines kalibrierten Messverfahrens	8.2.6
A7	Ringversuch mit $M > 2$ unabhängigen identischen Messeinrichtungen	Überprüfung von (Referenz-) Messeinrichtungen durch Aufgabe desselben Referenzmaterials (ISO 5725-2)	8.2.7
A8	Vergleichsmessungen mit $M > 2$ identischen Messeinrichtungen	Validierung eines Referenzmessverfahrens unter Feldbedingungen, wobei die Anzahl der beteiligten Laboratorien entweder M oder $M/2$ beträgt	8.2.8

Experimente, die in Tabelle 1 nicht aufgeführt sind, können für die Unsicherheitsermittlung ebenfalls ausgewertet werden, wenn ihre Durchführung und statistische Auswertung in ausreichender Weise dokumentiert wird.

Die Experimente zur Erhebung der Eingangsdaten müssen in ausreichender Weise dokumentiert werden, um die Repräsentativität dieser Eingangsdaten in Bezug auf die Grundgesamtheit der Messergebnisse, die durch den festgelegten Unsicherheitsparameter zu beschreiben sind, zu bewerten. Die Ergebnisse der Bewertung der Repräsentativität der bereitgestellten Eingangsdaten ist zu dokumentieren.

6.4.2 Bewertung der Repräsentativität

Für die als Eingangsdaten bereitgestellte Reihe von Beobachtungen ist eine Bewertung vorzunehmen, ob in der verwendeten Datenerhebung

- a) das Messverfahren nach denselben Standardarbeitsanweisungen bedient wurde, wie in der vorgesehenen Anwendung;
- b) die Umgebungsbedingungen zumindest den Streubereich überdeckten, der bei der vorgesehenen Anwendung des Messverfahrens zu erwarten ist;
- c) die Kontrollbedingungen des Messverfahrens dieselben waren, wie bei der vorgesehenen Anwendung;
- d) die zur Korrektur des Messverfahrens verwendeten Bezugsnormale von derselben Qualität waren, wie die bei der vorgesehenen Anwendung verwendeten, falls dies angebracht ist;
- e) alle Teile des Messverfahrens einer entweder getrennten oder kombinierten experimentellen Untersuchung, die die betrachtete Reihe von Beobachtungen liefert, unterworfen waren;
- f) der Einfluss der Bedienung des Messverfahrens durch verschiedene Laboratorien in einem Experiment ermittelt wurde, falls dies angebracht ist.

Wenn die Aufzählungen a) bis f) in ausreichender Weise erfüllt sind, kann die bereitgestellte Reihe von Beobachtungen als repräsentativ für die festgelegte Unsicherheitsermittlung angesehen werden. Aufzählung d) gilt für Messverfahren, die eine Korrektur systematischer Effekte benötigen. Aufzählung f) gilt, wenn der bereitzustellende Unsicherheitsparameter Messergebnisse beschreiben muss, die durch verschiedene Laboratorien unter Verwendung des festgelegten Messverfahrens ermittelt werden bzw. zu ermitteln sind.

Wenn einer oder mehrere der Aufzählungen a) bis f) nicht in geeigneter Weise erfüllt sind, werden zusätzliche Informationen zur Bereitstellung von repräsentativen Eingangsdaten benötigt. Zusätzliche Eingangsdaten können entweder durch besser geeignete Reihen von Beobachtungen oder durch fachkundige Beurteilung entsprechend der Beschreibung in 6.5 bereitgestellt werden.

6.5 Effekte, die nicht durch Reihen von Beobachtungen beschrieben werden

Wenn ein zufälliger Effekt durch eine Reihe von Beobachtungen nicht in einer repräsentativen Weise beschrieben wird, obwohl eine Beeinflussung möglicher Messergebnisse erwartet wird, muss dieser Effekt separat beschrieben werden, beispielsweise durch eine zusätzliche Abweichung δY_j des Messergebnisses. Der Zahlenwert einer solchen zusätzlichen Abweichung muss im Rahmen einer fachkundigen Beurteilung festgestellt werden. In diesem Kontext besteht die Aufgabe der fachkundigen Beurteilung zuerst in der Bereitstellung eines Schätzwertes des Bereiches der Streuung $[\min(\delta Y_j) < \delta Y_j < \max(\delta Y_j)]$ der Abweichung δY_j und zweitens in der Schätzung der statistischen Verteilung der Abweichung δY_j innerhalb des zugewiesenen Bereiches. Diese Information wird zur Bereitstellung eines Schätzwertes $\text{var}(\delta Y_j)$ der Varianz der zusätzlichen Abweichung δY_j benötigt. Details zur Varianzschätzung auf der Basis von fachkundigen Beurteilungen werden in 8.3 beschrieben.

Anstelle einer direkten Schätzung des maximalen Wertes $\max(\delta Y_j)$ einer möglichen Abweichung δY_j kann es manchmal zweckmäßig sein, die maximale Abweichung indirekt mit Hilfe der Gleichung (1) zu schätzen:

$$\max(\delta Y_j) = c_j \cdot \max(\delta X_j) \quad (1)$$