



DAR-4-INF-01

Unsicherheit von Prüfergebnissen (Ergebnisunsicherheit)

Empfehlung für Prüflaboratorien und Begutachter zur Ermittlung
und Angabe der Ergebnisunsicherheit im Prüfwesen

1 Einleitung

Von kompetenten Prüflaboratorien wird erwartet, dass diese eine Aussage zur Unsicherheit der von ihnen ermittelten Prüfergebnisse machen können. Während der Begriff "Unsicherheit einer Messung (Messunsicherheit)" international eindeutig definiert /23/ und benutzt wird, ist der Begriff der "Unsicherheit eines Prüfergebnisses" noch nicht international abgestimmt. Es existieren eine Reihe von Leitfäden und technische Regeln zur Behandlung von Unsicherheiten (siehe Tabelle 1), die bezüglich der Behandlung von Unsicherheiten im Prüfwesen nur zum Teil aufeinander abgestimmt sind und nur spezifische bzw. Einzelaspekte dieses Problems behandeln. Sowohl national wie auch international besteht deswegen ein erheblicher Bedarf für gegenseitige Verständigung und Harmonisierung.

Vorausgesetzt wird bei den folgenden Ausführungen, dass durch die zwischen Kunden und Prüflaboratorium vereinbarte Prüfaufgabe die Art des Prüfergebnisses eindeutig vorgegeben ist. Abhängig von der Prüfaufgabe unterscheidet man zwischen einem quantitativen oder einem qualitativen Prüfergebnis. Dementsprechend gibt es verschiedene Möglichkeiten, eine Aussage zur Unsicherheit eines Prüfergebnisses zu machen.

2 Ziel dieser Empfehlung

Ziel dieser Empfehlung ist es, ein einheitliches Verständnis zur Definition und zur Vorgehensweise bei der Ermittlung und Angabe der Unsicherheit eines Prüfergebnisses zu erzeugen. Damit soll ein Beitrag zur Anhebung und besseren Vergleichbarkeit der Qualität im Prüfwesen geleistet werden.

Der Begriff "Unsicherheit eines Prüfergebnisses" wird erläutert und als Ergebnisunsicherheit definiert. Es werden allgemein zu beachtende Hinweise zur Problematik gegeben und verschiedene Vorgehensweisen zur Ermittlung dieser Ergebnisunsicherheit aufgezeigt. Sektorspezifische oder verfahrensbezogene Vorgehensweisen sowie repräsentative Beispiele zur Ermittlung und Angabe der Ergebnisunsicherheit sollten von Gremien entsprechender Fachverbände bzw. der Akkreditierstellen unter Berücksichtigung dieses Dokumentes erarbeitet werden.

Ein weiteres Ziel dieses Dokumentes ist, die hier vorgelegten Vorstellungen in die Diskussion um eine internationale Norm oder Richtlinie über die Ermittlung und Angabe der Unsicherheit von Prüfergebnissen einzubringen.

3 Anwendungsbereich

Dieses Dokument soll die Feststellung der Kompetenz eines Prüflaboratoriums durch Begutachter von Akkreditierungsstellen unterstützen, in dem das Vorgehen des Prüflabors bezüglich der Ermittlung und Angabe der Unsicherheit von Prüfergebnissen unter Berücksichtigung dieser Empfehlung begutachtet wird.

Diese Empfehlung ist ebenso für Prüflaboratorien vorgesehen, die die Forderungen des ISO-Guide 25 bzw. der EN 45 001 hinsichtlich Ermittlung und Angabe der Unsicherheit von Prüfergebnissen erfüllen wollen. Die vorgestellten Konzepte sollen Prüflaboratorium und Kunden prinzipielle und zweckmäßige Möglichkeiten zur Ermittlung und Angabe der Unsicherheit von Prüfergebnissen aufzeigen.

4 Definitionen

Die folgenden Definitionen bilden die Grundlage für diese Empfehlung und sind für das gemeinsame Verständnis notwendig.

Prüfung

EN 45020/12.1:1994

"Technischer Vorgang, der aus dem Bestimmen eines oder mehrerer Merkmale eines bestimmten Erzeugnisses, Verfahrens oder einer Dienstleistung besteht und gemäß einer vorgeschriebenen Verfahrensweise durchzuführen ist."

Prüfverfahren

EN 45020/12.2:1994

"Vorgeschriebene technische Verfahrensweise für die Durchführung einer Prüfung."

Ermittlungsergebnis

DIN 55 350 Teil 13, Juli 1987 (Auszug)

"Durch die Anwendung eines Ermittlungsverfahrens festgestellter Merkmalswert.

Anmerk. 1: Das Ermittlungsverfahren ist ein Beurteilungs-, Beobachtungs-, Mess-, Berechnungs-, statistisches Schätzverfahren oder eine Kombination daraus. Die Feststellung ist eine Beurteilung, Beobachtung, Messung, Berechnung oder eine Kombination daraus. Je nach Art des Ermittlungsverfahrens heißt das Ermittlungsergebnis Beurteilungs-, Beobachtungs-, Mess-, Rechen-, statistisches Schätzergebnis.

Anmerk. 2: Ein Ermittlungsergebnis ist im allgemeinen nur dann vollständig, wenn es eine Angabe über die Ergebnisunsicherheit enthält."

Hinweis: Die Begriffe: Merkmal, Merkmalswert, quantitatives Merkmal, qualitatives Merkmal sind in DIN 55 350 Teil 12, März 1989 definiert.

Ergebnisunsicherheit

DIN 55 350 Teil 13, Juli 1987 (Auszug)

"Geschätzter Betrag zur Kennzeichnung eines Wertebereiches, innerhalb dessen der Bezugswert liegt, wobei dieser je nach Festlegung oder Vereinbarung der wahre Wert oder der Erwartungswert sein kann.

Anmerk. 4: Die Ergebnisunsicherheit eines Messverfahrens heißt Messunsicherheit. Entsprechende Benennungen sind bei den anderen in Anmerkung 1 zum Ermittlungsergebnis genannten Ermittlungsverfahren möglich."

Durch Verwendung und Verknüpfung der vorgenannten Definitionen werden die Begriffe "Prüfergebnis" und "Unsicherheit eines Prüfergebnisses" im folgenden erläutert und definiert.

Prüfergebnis (Ergebnis eines Prüfverfahrens)

Ein Prüfergebnis ist ein durch Anwendung eines Prüfverfahrens festgestellter Merkmalswert. Der Merkmalswert kann quantitativer oder qualitativer Art sein (quantitatives oder qualitatives Prüfergebnis).

Unsicherheit eines quantitativen Prüfergebnisses

Geschätzter Betrag zur Kennzeichnung des Wertebereiches (z. B. Vertrauensbereich), innerhalb dessen der Bezugswert liegt, wobei dieser je nach Festlegung oder Vereinbarung der wahre Wert oder der Erwartungswert sein kann.

In sinngemäßer Erweiterung wird die Ergebnisunsicherheit einer qualitativen Prüfung so definiert:

Unsicherheit eines qualitativen Prüfergebnisses

Schätzwert der Wahrscheinlichkeit, mit der das Ergebnis unrichtig ist bzw. anderen als der angegebenen Klasse (einfachster Fall: Zwei-Klassen-Einteilung) angehört.

5 Allgemeines zur Ermittlung der Ergebnisunsicherheit

Grundsätzlich muss ein kompetentes Prüflaboratorium in der Lage sein, eine Aussage zur Ergebnisunsicherheit der von ihm ermittelten Prüfergebnisse machen zu können. Aussagen zur Ergebnisunsicherheit sollen auf der Basis dokumentierter Verfahrensweisen und Daten in angemessener, zweckmäßiger und transparenter Weise ermittelt werden.

Bei der Ermittlung der Ergebnisunsicherheit ist das Prüfverfahren hinsichtlich möglicher Einflussgrößen und deren Auswirkung auf die resultierende Unsicherheit des Prüfergebnisses zu analysieren. Insbesondere sind Einflüsse

- die mit der Probenahme/Probenaufbereitung zusammenhängen,
- die mit den Eigenschaften des zu prüfenden Objektes zusammenhängen,
- die dem angewandten Prüfverfahren anhaften,
- die mit den jeweiligen Prüfbedingungen zusammenhängen,
- die den der Prüfung zugrunde liegenden Referenzwerten anhaften,

zu beachten.

Die Ermittlung von Ergebnisunsicherheiten kann basieren auf:

- systematischen Untersuchungen bei festgelegten Einflussgrößen,
- Kalibrierung mit Untersuchung der Einflussgrößen,
- Vergleich mit anderen Prüfverfahren,
- Vergleichsprüfungen zwischen Laboratorien,
- regelbasierter Schätzung (Expertenwissen),
- mathematischen Modellen,
- Literaturangaben,
- Normenfestlegungen und
- anerkannten branchen- oder verfahrensspezifischen Sonderkonzepten.

Verschiedene Vorgehensweisen zur Ermittlung der Ergebnisunsicherheit werden in Abschnitt 7 dieser Empfehlung behandelt.

6 Kriterien zur Angabe der Ergebnisunsicherheit in Prüfberichten

Eine Angabe zur Unsicherheit von Prüfergebnissen in Prüfberichten wird grundsätzlich empfohlen, da eine derartige Angabe u. a. eine Qualitätsaussage über das Prüfergebnis liefert, einen Vergleich von Prüfergebnissen aus verschiedenen Laboratorien gestattet und Bedeutung haben kann bei der weiteren Verwendung des Prüfergebnisses durch den Kunden.

Die Unsicherheit von Prüfergebnissen sollte explizit im Prüfbericht angegeben werden, wenn

- die betreffende Norm, Richtlinie, Prüfanweisung etc. das vorsieht,
- der Kunde es fordert,
- die Ergebnisunsicherheit die Entscheidung hinsichtlich der Einhaltung von Grenzwerten oder Spezifikationen beeinflusst.

Art und Umfang der Ergebnisunsicherheitsangabe im Prüfbericht müssen unter Beachtung

- der Anforderungen der Norm oder des Kunden,
- der Angemessenheit zwischen Aufwand und Nutzen,
- der beabsichtigten weiteren Verwendung des Prüfergebnisses

erfolgen.

7 Vorgehensweisen zur Ermittlung der Ergebnisunsicherheit

Die Ergebnisunsicherheit wird in Abhängigkeit von der Art des Prüfergebnisses (quantitativer oder qualitativer Merkmalswert) ermittelt:

7.1 Quantitatives Prüfergebnis

Die Ergebnisunsicherheit wird mittels üblicher statistischer Verfahren entsprechend existierender Leitfäden (siehe Tabelle 1) abgeschätzt und angegeben. Branchenübliche oder fachspezifisch gebotene oder notwendige Abweichungen vom den Leitfäden zugrundeliegenden Konzept sind zulässig (z. B. einseitiges 3σ -Intervall im Bauwesen, Sonderverfahren bei der Bestimmung des Mittelwertes und der Streuung der Dauerfestigkeit). Geeignete Vorgehensweisen sind beispielsweise statistische Verfahren entsprechend /1, 2, 3, 4, 5, 6/.

7.2 Qualitatives Prüfergebnis

7.2.1 Basierend auf quantitativen Merkmalswerten

Hierbei handelt es sich im wesentlichen um die Prüfung auf Einhaltung von Grenzwerten bzw. Schwellwerten. Das Prüfergebnis ist qualitativer Art, basiert aber u. a. auf vorher ermittelten quantitativen Merkmalswerten. Dies ist ein in der Praxis häufig auftretender Fall.

Angaben zur Ergebnisunsicherheit sind alternativ in folgenden Formen vorzunehmen:

- a) Angabe einer Wahrscheinlichkeit entsprechend der Definition in Abschnitt 4 dieser Empfehlung. Die Ermittlung erfolgt auf der Basis statistischer Größen und Auswertungen (z. B. Vertrauensniveau der quantitativen Merkmalswerte, bei Stichprobenauswertung z. B. Verwendung von Operationscharakteristiken).
- b) Angabe des betreffenden quantitativen Merkmalswertes mit der zugehörigen Unsicherheit. Die Unsicherheit des quantitativen Merkmalswertes wird entsprechend Abschnitt 7.1 dieser Empfehlung ermittelt.

Anwendbare Verfahren und Vorgehensweisen sind beispielsweise beschrieben in /8, 18, 22/. Ergänzend können auch geeignete Verfahren aus den Abschnitten 7.1 und 7.2.2 dieser Empfehlung hinzugezogen werden.

7.2.2 Basierend auf qualitativen Merkmalswerten

In diesem Fall besteht das Prüfergebnis ausschließlich aus qualitativen Merkmalswerten (Attribut-/Ordinalmerkmale). Die Unsicherheit des qualitativen Prüfergebnisses wird in Form einer Wahrscheinlichkeitsangabe entsprechend der Definition in Abschnitt 4 dieser Empfehlung ausgedrückt. Geeignete Verfahren zur Unsicherheitsermittlung sind beispielsweise systemtheoretische Methoden (z. B. ROC (Relative/Receiver Operating Characteristic) -Verfahren /11/ bzw. Fehlerbaumanalyse-Verfahren /21/) oder auch geeignete statistische Methoden /19, 20/.

8 Referenzen und Literaturhinweise

- /1 ... 22/ siehe Anhang Tabelle 1: Aktuelle Leitfäden, technische Regeln und Veröffentlichungen zur Behandlung von Ergebnisunsicherheiten, Juli 1996
- /23/ Internationales Wörterbuch der Metrologie, Übersetzung des Beuth Verlags, 2. Auflage 1994 (VIM)

Tabelle 1: Aktuelle Leitfäden, technische Regeln und Veröffentlichungen zur Behandlung von Ergebnisunsicherheiten

Stand Juli 1996

Lfd. Nr.		Anwendungsbereich / Inhalt	bevorzugt anwendbar im		Formale Darstellung der Auswertung von Unsicherheiten	Bemerkungen
			Messwesen	Prüfwesen		
1	"Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Genf 1993	Messwesen / allgemeines Konzept zur Ermittlung von Messunsicherheiten	+	+	vollständig	
2	DIN 1319 T3 "Auswertung v. Messungen einer einzelnen Messgröße; Messunsicherheit", 1996	Beschränkung auf 1 Messgröße / ausführliche Darstellung der Ermittlung von Messunsicherheiten	+	+	+	
3	DIN 1319 T4, "Behandlung von Unsicherheiten bei der Auswertung von Messungen", 1985	Auswertung von Messungen	+	+	+	
4	"Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration", EAL-R2, 1995	Kalibrierung im Messwesen / Behandlung u. Ermittlung v. Messunsicherheiten	+	--	+	
5	"The Expression of Uncertainty in Quantitative Testing", EAL, Draft 6, 1996	Prüflaboratorien / allg. Forderungen und Grundzüge der Vorgehensweise	+	+	--	
6	"Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement", EURACHEM, 1995	Chemische Analytik / allg. Behandlung und Ermittlung von Unsicherheiten	+	+	+	Anwendung des "Guide" auf einen spez. Bereich des Prüfwesens
7	ISO 5725 T1...T6 "Genauigkeit (Richtigkeit u. Präzision) v. Messverfahren u. Messergebnissen", 1991	Prüflaboratorien / Ermittlung d. Wiederhol- u. Vergleichspräzision in Ringvergleichen (insbes. auch Analytik)	+	+	+	
8	"Grenzwerte - Festlegung und Erfüllung der Forderungen", P. Th. Wilrich; DIN Fachbericht 6, 1986	Regelsetzung, Prüflaboratorien / Behandlung v. Grenzwerten im Zusammenhang mit auftretenden Unsicherheiten, Stichprobenauswertung (Qualitätsmerkmale von Produkten, Schadstoffemissionen, Analytik, etc.)	--	+	+	Ausführliche Darstellung möglicher Vorgehensweisen, Defizite in der vorhandenen Regelung, Beispiele
9	"Guidance on Measurement Uncertainty in Testing", EUROLAB, Draft 3, 1994	Prüflaboratorien / allg. Forderungen und Grundzüge der Vorgehensweise	+	+	--	Prüfung bzgl. Spezifikationen, insbes. Produkte (sehr unvollständig)
10	"Step by Step Estimate of Uncertainty of Test Results", J. S. Morkowski, 2nd. EUROLAB Symposium, "Testing in the Years 2000", Dübendorf (CH), 1994	Prüflaboratorien / Abschätzung von Ergebnisunsicherheiten auf der Basis von Verfahrensmodulen; Standardisierung von Abschätzungen	+	+	--	

+enthalten -- nicht enthalten

- Fortsetzung -

Tabelle 1 Fortsetzung

Lfd. Nr.		Anwendungsbereich / Inhalt	bevorzugt anwendbar im		Formale Darstellung der Auswertung von Unsicherheiten	Bemerkungen
			Mess-wesen	Prüf-wesen		
11	"Performance Demonstration in NDT by Statistical Methods: ROC and POD for Ultrasonic and Radiographic Testing", Nockemann et. al., Proc. of the 6th Europ. Conf. on NDT(ECNDT), Nizza, 1994	Prüflaboratorien der Ultraschallprüfung bzw. radiographischen Prüfung	-	+	+	Zuverlässigkeit von Prüfungen im genannten Gebiet
12	"Guide to the Expression of Uncertainties in Testing", NAMAS NIS 80, 1994	Prüflaboratorien / allg. Forderungen und Grundzüge der Vorgehensweise	+	+	--	Prüfung bzgl. Spezifikationen, insbes. Produkte
13	"Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results", NIST Technical Note 1297, 1994	Messwesen / Ermittlung von Messunsicherheiten	+	+	+	
14	"Traceable Calibration and Uncertainty of Measurements and Tests", Nordtest, NT Techn Report 251, 1994	Prüflaboratorien / allg. Grundzüge sowie ausgewählte Beispiele: Kalibrierung, Analytik, ZfP, MTP	+	+	ausgewählte Beispiele	Problemdarstellungen
15	"Nordtest Views on Uncertainty in Metrology and Testing", NT Position Paper, 1994	Positionspapier hinsichtl. Forderungen u. Entwicklungen in Europa	+	+	--	Politisches Papier
16	"The Use of Uncertainty Estimates in Testing", Nordtest SP Report 1993:47, 1993	Prüflaboratorien / allg. Darstellung, Übertragbarkeit des "Guide" auf Prüfungen	+	+	Grundzüge der Vorgehensweise	Prüfung bzgl. Spezifikationen
17	"Uncertainties of Measurement for NAMAS Electrical Product Testing Laboratories", NIS 20, NAMAS, 1989	Prüflaboratorien für elektr. Produkte / Behandlung von Unsicherheiten, Prüfung bzgl. Spezifikationen, zulässige Fehlergrenzen, Kalibrierintervalle	+	+	+	
18	"ILAC Guide to assessment and reporting of compliance with specification", Draft 2, ILAC, 1995	Prüflaboratorien / allg. Forderungen und Grundzüge der Vorgehensweise	--	+	Allgemeine Vorgehensweise	Prüfung bzgl. Spezifikationen, basierend auf NAMAS NIS 80, siehe lfd. Nr. 12
19	DIN 40080, "Stichprobenprüfung anhand qualitativer Merkmale",	Stichprobenprüfung in der Qualitätssicherung und Prüflaboratorien / detaillierte Regeln zur Stichprobenprüfung, Operationscharakteristiken, Stichprobenanweisungen	--	+	+	Prüfung bzgl. aufgestellter Klassenzuordnungen
20	DIN 53804 T3/T4, " Statistische Auswertungen, Ordinal-/Attributmerkmale", 1982/1985	Stichprobenprüfung in der Qualitätssicherung und Prüflaboratorien / detaillierte Regeln zur Ermittlung der Kennwerte	--	+	+	
21	DIN 25424, "Fehlerbaumanalyse", 1990	Systementwurf, Systemanalyse, Zuverlässigkeitsanalyse, Wahrscheinlichkeitsauswertung / detaillierte Regeln zur Kombination von Wahrscheinlichkeiten des Systems	--	+	+	Kombination von Einzelwahrscheinlichkeiten. Die Wahrscheinlichkeiten werden in der Norm als Ausfallwahrscheinlichkeiten bezeichnet
22	ISO 3951, "Stichprobenprüfung anhand quantitativer Merkmale", 1992	Stichprobenprüfung in der Qualitätssicherung und Prüflaboratorien/ detaillierte Regeln zur Stichprobenprüfung, Operationscharakteristiken, Stichprobenanweisungen	--	+	+	Prüfung bzgl. aufgestellter Spezifikationen

+enthaltend -- nicht enthalten