



ISBN 978 3 902842 00 8

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

TECHNICAL REPORT

**DETERMINATION OF MEASUREMENT
UNCERTAINTIES IN PHOTOMETRY**

CIE 198:2011

UDC: 535.24
535.241.5
535.241.535

Descriptor: Photometry
Quantities related to photometric and
other measurements
Calibration

THE INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION

The International Commission on Illumination (CIE) is an organisation devoted to international co-operation and exchange of information among its member countries on all matters relating to the art and science of lighting. Its membership consists of the National Committees in about 40 countries.

The objectives of the CIE are:

1. To provide an international forum for the discussion of all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting and for the interchange of information in these fields between countries.
2. To develop basic standards and procedures of metrology in the fields of light and lighting.
3. To provide guidance in the application of principles and procedures in the development of international and national standards in the fields of light and lighting.
4. To prepare and publish standards, reports and other publications concerned with all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting.
5. To maintain liaison and technical interaction with other international organisations concerned with matters related to the science, technology, standardisation and art in the fields of light and lighting.

The work of the CIE is carried on by seven Divisions each with about 20 Technical Committees. This work covers subjects ranging from fundamental matters to all types of lighting applications. The standards and technical reports developed by these international Divisions of the CIE are accepted throughout the world.

A plenary session is held every four years at which the work of the Divisions and Technical Committees is reviewed, reported and plans are made for the future. The CIE is recognised as the authority on all aspects of light and lighting. As such it occupies an important position among international organisations.

LA COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE

La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) est une organisation qui se donne pour but la coopération internationale et l'échange d'informations entre les Pays membres sur toutes les questions relatives à l'art et à la science de l'éclairage. Elle est composée de Comités Nationaux représentant environ 40 pays.

Les objectifs de la CIE sont :

1. De constituer un centre d'étude international pour toute matière relevant de la science, de la technologie et de l'art de la lumière et de l'éclairage et pour l'échange entre pays d'informations dans ces domaines.
2. D'élaborer des normes et des méthodes de base pour la métrologie dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
3. De donner des directives pour l'application des principes et des méthodes d'élaboration de normes internationales et nationales dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
4. De préparer et publier des normes, rapports et autres textes, concernant toutes matières relatives à la science, la technologie et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
5. De maintenir une liaison et une collaboration technique avec les autres organisations internationales concernées par des sujets relatifs à la science, la technologie, la normalisation et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.

Les travaux de la CIE sont effectués par 7 Divisions, ayant chacune environ 20 Comités Techniques. Les sujets d'études s'étendent des questions fondamentales, à tous les types d'applications de l'éclairage. Les normes et les rapports techniques élaborés par ces Divisions Internationales de la CIE sont reconnus dans le monde entier.

Tous les quatre ans, une Session plénière passe en revue le travail des Divisions et des Comités Techniques, en fait rapport et établit les projets de travaux pour l'avenir. La CIE est reconnue comme la plus haute autorité en ce qui concerne tous les aspects de la lumière et de l'éclairage. Elle occupe comme telle une position importante parmi les organisations internationales.

DIE INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

Die Internationale Beleuchtungskommission (CIE) ist eine Organisation, die sich der internationalen Zusammenarbeit und dem Austausch von Informationen zwischen ihren Mitgliedsländern bezüglich der Kunst und Wissenschaft der Lichttechnik widmet. Die Mitgliedschaft besteht aus den Nationalen Komitees in rund 40 Ländern.

Die Ziele der CIE sind :

1. Ein internationaler Mittelpunkt für Diskussionen aller Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik und für den Informationsaustausch auf diesen Gebieten zwischen den einzelnen Ländern zu sein.
2. Grundnormen und Verfahren der Messtechnik auf dem Gebiet der Lichttechnik zu entwickeln.
3. Richtlinien für die Anwendung von Prinzipien und Vorgängen in der Entwicklung internationaler und nationaler Normen auf dem Gebiet der Lichttechnik zu erstellen.
4. Normen, Berichte und andere Publikationen zu erstellen und zu veröffentlichen, die alle Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik betreffen.
5. Liaison und technische Zusammenarbeit mit anderen internationalen Organisationen zu unterhalten, die mit Fragen der Wissenschaft, Technik, Normung und Kunst auf dem Gebiet der Lichttechnik zu tun haben.

Die Arbeit der CIE wird in 7 Divisionen, jede mit etwa 20 Technischen Komitees, geleistet. Diese Arbeit betrifft Gebiete mit grundlegendem Inhalt bis zu allen Arten der Lichtanwendung. Die Normen und Technischen Berichte, die von diesen international zusammengesetzten Divisionen ausgearbeitet werden, sind von der ganzen Welt anerkannt.

Alle vier Jahre findet eine Session statt, in der die Arbeiten der Divisionen überprüft, berichtet und neue Pläne für die Zukunft ausgearbeitet werden. Die CIE wird als höchste Autorität für alle Aspekte des Lichtes und der Beleuchtung angesehen. Auf diese Weise unterhält sie eine bedeutende Stellung unter den internationalen Organisationen.

Published by the

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
CIE Central Bureau
Kegelgasse 27, A-1030 Vienna, AUSTRIA
Tel: +43(1)714 31 87 0, Fax: +43(1)714 31 87 18
e-mail: ciecb@cie.co.at
WWW: <http://www.cie.co.at/>



ISBN 978 3 902842 00 8

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

TECHNICAL REPORT

**DETERMINATION OF MEASUREMENT
UNCERTAINTIES IN PHOTOMETRY**

CIE 198:2011

UDC: 535.24
535.241.5
535.241.535

Descriptor: Photometry
Quantities related to photometric and
other measurements
Calibration

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 2-43 of Division 2 "Physical Measurement of Light and Radiation" and has been approved by the Board of Administration of the Commission Internationale de l'Eclairage for study and application. The document reports on current knowledge and experience within the specific field of light and lighting described, and is intended to be used by the CIE membership and other interested parties. It should be noted, however, that the status of this document is advisory and not mandatory.

Ce rapport technique a été élaboré par le Comité Technique CIE 2-43 de la Division 2 "Mesures Physiques de la Lumière et des Radiations" et a été approuvé par le Conseil d'Administration de la Commission Internationale de l'Eclairage, pour étude et emploi. Le document expose les connaissances et l'expérience actuelles dans le domaine particulier de la lumière et de l'éclairage décrit ici. Il est destiné à être utilisé par les membres de la CIE et par tous les intéressés. Il faut cependant noter que ce document est indicatif et non obligatoire.

Dieser Technische Bericht ist vom Technischen Komitee CIE 2-43 der Division 2 "Physikalische Messungen von Licht und Strahlung" ausgearbeitet und vom Vorstand der Commission Internationale de l'Eclairage gebilligt worden. Das Dokument berichtet über den derzeitigen Stand des Wissens und Erfahrung in dem behandelten Gebiet von Licht und Beleuchtung; es ist zur Verwendung durch CIE-Mitglieder und durch andere Interessierte bestimmt. Es sollte jedoch beachtet werden, dass das Dokument eine Empfehlung und keine Vorschrift ist.

Any mention of organisations or products does not imply endorsement by the CIE. Whilst every care has been taken in the compilation of any lists, up to the time of going to press, these may not be comprehensive.

Toute mention d'organisme ou de produit n'implique pas une préférence de la CIE. Malgré le soin apporté à la compilation de tous les documents jusqu'à la mise sous presse, ce travail ne saurait être exhaustif.

Die Erwähnung von Organisationen oder Erzeugnissen bedeutet keine Billigung durch die CIE. Obgleich große Sorgfalt bei der Erstellung von Verzeichnissen bis zum Zeitpunkt der Drucklegung angewendet wurde, ist es möglich, dass diese nicht vollständig sind.

The following members of TC 2-43 "Determination of measurement uncertainties in photometry" took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 2 "Physical Measurement of Light and Radiation" and the terms of reference were: "To prepare a CIE recommendation as basis for the determination of measurement uncertainties valid for selected quantities used in photometry."

Members:

J. Bastie	France
P. Blattner	Switzerland
A. Bouman	Netherlands
A. Corróns	Spain
R. Daubach	USA
J. Gardner	Australia
A. Gaertner	Canada
T. Goodman	United Kingdom
G. Heidel	Germany
U. Krueger	Germany
C. Miller	USA
J. Moore	United Kingdom
Y. Ohno	USA
M. Rastello	Italy
R. Rattunde †	Germany
G. Sauter	Germany (Chair)
J. Schanda	Hungary
W. Steudtner	Germany
P. Webb	USA
R. Young	USA
Y. Zong	USA

Advisor:

W. Woeger	Germany
-----------	---------

Contents

Summary	V
Resume	V
Zusammenfassung	V
Scope	1
1 Introduction	1
2 Definitions	2
2.1 Fundamental Terms for Uncertainty Statements	3
2.2 Units and Traceability	5
2.3 Statement of the Result of a Measurement	5
2.4 Error and Correction	6
2.5 Tolerance Intervals and Classification	6
2.6 Steps for Evaluating Measurement Uncertainty	7
3 Evaluation of Standard Uncertainty	7
3.1 Standard Uncertainty of Type A Evaluation	7
3.2 Correlation Coefficient for Simultaneous Repeated Measurements	8
3.3 Standard Uncertainty of Type B Evaluation	9
3.4 Presentations of Uncertainties	11
4 Model for the Evaluation of Measurement Results	11
4.1 Model for the Evaluation of Standard Uncertainty	11
4.2 Sensitivity Coefficient	12
4.3 Monte-Carlo Method	13
4.4 Combined Standard Uncertainty of a Single Output Quantity	14
4.5 Logical Correlation between Input Quantities	16
4.6 Standard Uncertainties from Solving a System of Equations	18
4.7 Standard Uncertainties from Least-Mean-Square-Fit	18
4.8 Determination of Expanded Uncertainties	19
5 Presentation of the Result of a Measurement	21
5.1 Model and Output Quantity	21
5.2 Input Quantities and Origin	21
5.3 Uncertainty Budget	21
5.4 Expanded Uncertainty	22
5.5 Presentation of Measurement Uncertainty	22
References	23
Acronyms	24

DETERMINATION OF MEASUREMENT UNCERTAINTIES IN PHOTOMETRY

Summary

This report is a recommendation for the determination of measurement uncertainties associated with the values of selected quantities in photometry. The report explains the steps from the initial procedures for a measurement of input quantities to a final statement of the output values with associated expanded uncertainties. The main part summarises the fundamental definitions for the evaluation of standard, combined and expanded uncertainties following the rules in the internationally agreed "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements" (GUM) and its supplement 1. In conjunction with this report supplements, with a wide selection of examples, provide guidance on how to model measurement procedures in a measurement equation, combine uncertainties in a budget and convert to the presentation of expanded uncertainty.

DETERMINATION DES INCERTITUDES DE MESURES APPLIQUEE AUX GRANDEURS PHOTOMETRIQUES

Resume

Ce rapport est une recommandation pour la détermination des incertitudes de mesures appliquée aux grandeurs photométriques. Ce rapport explique les étapes à suivre, en partant des procédures pour la mesure des grandeurs d'entrée, jusqu'à l'établissement des valeurs de sortie, avec leurs incertitudes élargies associées. La partie principale rappelle les définitions fondamentales pour l'évaluation des incertitudes types, combinées et élargies, en accord avec les règles internationales du « guide pour l'expression de l'incertitude de mesure » (GUM) et son supplément 1. En connexion avec le rapport des suppléments donnant une large gamme d'exemples, fournissent des méthodes pour modéliser la procédure de mesure sous forme d'une équation de mesure, établir le budget d'incertitudes et le convertir pour obtenir l'incertitude élargie.

BESTIMMUNG VON MESSUNSICHERHEITEN IN DER PHOTOMETRIE

Zusammenfassung

Dieser Bericht ist eine Empfehlung zur Bestimmung von Messunsicherheiten, die den Werten ausgewählter Größen in der Photometrie beigeordnet sind. Der Bericht erklärt die Schritte von den anfänglichen Messprozeduren der Eingangsgrößen bis zur abschließenden Angabe der Werte von Ausgangsgrößen mit beigeordneter erweiterter Messunsicherheit. Der Hauptteil fasst die grundlegenden Definitionen zur Ermittlung von Standardmessunsicherheit, kombinierter und erweiterter Messunsicherheit zusammen entsprechend den Regeln des international vereinbarten "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements" (GUM) und seines Supplements 1. In Verbindung mit diesem Bericht werden Supplements mit einer breiten Auswahl an Beispielen anleiten, wie Messprozeduren modelliert werden, wie Messunsicherheiten in einem Budget kombiniert und wie sie umgewandelt als erweiterte Messunsicherheit angegeben werden.