

Werkskalibrierung (JETI Technische Instrumente GmbH)

Kalibrierung für optische Strahlungsmessgrößen
Calibration for optical radiometry



Kalibrierschein
Calibration Certificate

Kalibrierzeichen
Calibration mark

7224
WK-L
2025-01

Gegenstand
Object

Spektroradiometer für Strahldichte
Spectroradiometer for Radiance

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale und internationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem internationalen Einheitensystem (SI).

Hersteller
Manufacturer

JETI Technische Instrumente GmbH

Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

Type
Type

specbos-2501

Serien-Nr.
Serial number

2500065

The calibration certificate documents the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

Auftraggeber
Customer

The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Auftragsnummer
Order No.

Anzahl der Seiten des Kalibrierscheins
Number of pages of the certificate

9

Datum der Kalibrierung
Date of calibration

13.01.2025

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverarbeitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der ausstellenden Kalibriereinrichtung.
Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing institution. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Stempel
Seal

Datum
Date

Geschäftsführer
Manager

Verantwortlicher
Person in charge

2. März 2025
02 March 2025

Steffen Görlich

Andreas Fedjuschenko

JETI Techn. Instrumente GmbH
Göschwitzer Straße 48
D-07745 Jena, Germany
Tel.: +49 3641 2329200
Fax: +49 3641 2329201

Geschäftsführer
Dr. Ing. S. Görlich

Handelsregister: Jena HRB 206918
Ust-Id Nr.: DE 812 417 873



7224
WK-L
2025-01

Beschreibung des Kalibriergegenstandes **Description of calibration object**

Der Kalibriergegenstand ist ein spektral messendes Radiometer specbos-2501 auf Basis eines Miniaturspektrometers für den Wellenlängenbereich 380 ... 780 nm. Außer den entsprechenden radiometrischen und photometrischen Größen sind die farbmétrischen Werte x, y, Farbtemperatur, Farbsättigung, Farbreinheit sowie die Farbwiedergabeindizes mit dem Gerät ermittelbar.

The calibration object is a spectral measuring radiometer specbos-2501 based on a miniaturized spectrograph for the wavelength range 380 ... 780 nm. In addition to the radiometric and photometric values the colorimetric values x, y, color temperature, color purity, dominant wavelength and the color rendering indices are determinable.

Kalibrierverfahren **Methode of calibration**

Wellenlängenkalibrierung:

Die Kalibrierung erfolgte mit Hilfe einer Niederdruck-Linienlampe. Die festliegenden Wellenlängen wurden mit den interpolierten Pixelnummern des Detektors durch ein Fitpolynom vierter Ordnung in Korrelation gesetzt:

$$\lambda(n) = k_0 + k_1 \cdot n + k_2 \cdot n^2 + k_3 \cdot n^3 + k_4 \cdot n^4$$

mit λ – Wellenlänge, n – Pixelnummer (0 ... 1023) und $k_0 \dots k_4$ – Fitkoeffizienten

Wavelength calibration:

The calibration was carried out with a low pressure line lamp. The fixed wavelengths were correlated to the interpolated pixel numbers of the detector by a fit polynomial of fourth order:

$$\lambda(n) = k_0 + k_1 \cdot n + k_2 \cdot n^2 + k_3 \cdot n^3 + k_4 \cdot n^4$$

λ – wavelength, n – pixel number (0 ... 1023) and $k_0 \dots k_4$ – fit coefficients

Empfindlichkeitskalibrierung

Die Kalibrierung erfolgte nach EN 13032-1:2004+A1:2012 „Licht und Beleuchtung – Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten – Teil1: Messung und Datenformat“, Ausgabe 2004. Ermittelt wurde eine Kalibrierkurve für den Messmodus. Diese enthält Kalibrierfaktoren für jede Wellenlängenstützstelle.

Die Empfindlichkeitskalibrierung wurde mit einem Strahldichtenormal für den Leuchtdichtemodus durchgeführt.

Sensitivity calibration

The calibration was carried out according to EN 13032-1:2004+A1:2012 “Light and lighting – Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires – Part 1: Measurement and file format”, edition 2004. A calibration curve was determined for the measuring mode. It contains calibration factors for each wavelength step.

The sensitivity calibration was carried out with a radiance standard for the luminance mode.



7224
WK-L
2025-01

Kalibrierbedingungen *Calibration conditions*

Wellenlängenkalibrierung:

Die Wellenlängenkalibrierung wurde mit der Fit-Software JETI Universal Fit Tool Vers. 2.1.37 durchgeführt. Das Kalibrierobjekt wurde mit der Firmware SPECFIRM_25X1 VERSION 1.2.2 201124 verwendet.

Es wurde eine HgAr-Lampe CAL-2000 der Fa. Mikropack Deutschland verwendet. Zur Berechnung der Fitkoeffizienten wurden die folgenden Wellenlängen benutzt:

404,66 nm; 435,84 nm; 479,99 nm; 508,58 nm; 546,07 nm; 643,85 nm;
696,54 nm; 706,72 nm; 727,29 nm; 738,40 nm; 763,51 nm; 772,40 nm;
794,82 nm; 826,45 nm; 852,14 nm; 866,79 nm; 912,30 nm; 965,78 nm.

Wavelength calibration:

Wavelength calibration was performed using the fit software JETI Universal Fit Tool Vers. 2.1.37. The calibration object was used with the firmware SPECFIRM_25X1 VERSION 1.2.2 201124.

It was used a HgAr lamp CAL-2000 of Mikropack Germany. The following wavelengths were utilised for the calculation of the fit coefficients:

*404.66 nm; 435.84 nm; 479.99 nm; 508.58 nm; 546.07 nm; 643.85 nm;
696.54 nm; 706.72 nm; 727.29 nm; 738.40 nm; 763.51 nm; 772.40 nm;
794.82 nm; 826.45 nm; 852.14 nm; 866.79 nm; 912.30 nm; 965.78 nm.*

Empfindlichkeitskalibrierung:

Software

Zur Empfindlichkeitskalibrierung wurde das Kalibriermenü der radiometrischen Software JETI LiVal Vers. 8.0.5 verwendet. Das Kalibrierobjekt wurde mit der Firmware SPECFIRM_25X1 VERSION 1.2.2 201124 verwendet.

Messaufbau Strahldichtemodus:

Die Kalibrierung wurde durch Vergleich mit einem Strahldichtenormal durchgeführt. Der Abstand zum Gerät betrug 240 mm $\pm$ 1 mm.

Strahldichtenormal:

Als Kalibriernormal wurde das Modell OL-455-4-1 der Fa. Optronic™ Laboratories, USA genutzt.

- Strahldichte-Kalibrierquelle OL-455-4-1 S/N: 09301073
- Ansteuergerät OL-400 S/N: 09105119
- Regelbereich 0,003 100 000 cd/m² und 2000 ... 3000 K

Das Kalibriernormal wurde von der Fa. Optronic™ Laboratories, USA auf Normale des National Institute of Standards and Technology Gaithersburg MD USA (NIST) entsprechend der Testreport-Nummer 12523A zurückgeführt.

Der Stützstellenabstand der Empfindlichkeitskalibrierungen betrug 1 nm.



7224
WK-L
2025-01

Sensitivity calibration:

Software

The calibration menu of the radiometric software JETI LiVal Ver. 8.0.5 was used for sensitivity calibration. The calibration object was used with the firmware SPECFIRM_25X1 VERSION 1.2.2 201124.

Calibration set up radiance mode:

The calibration was carried out by comparison with a standard radiance source. The distance to the device was $240 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

Standard radiance source:

The model OL-455-4-1 of Optronic™ Laboratories, LCC USA was used as standard source.

- Radiance Calibration Source OL-455-4-1 S/N: 09301073
- Calibration Source Controller OL-400 S/N: 09105119
- Control range $0.003 \dots 100\,000 \text{ cd/m}^2$ and $2000 \dots 3000 \text{ K}$

The calibration standard was traced by Optronic™ Laboratories, USA to standards of the National Institute of Standards and Technology Gaithersburg MD USA (NIST) according to the test report number 12523A.

The step width of the sensitivity calibrations was 1 nm .

Umgebungsbedingungen

Ambient conditions

Die Kalibrierungen wurden bei einer Umgebungstemperatur von $T_u = 25 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ durchgeführt. Die Kalibriernormale wurden vor der Kalibrierung bis zur Konstanz der lichttechnischen Werte eingebrannt.

The calibrations were carried out with an ambient temperature of $T_u = 25 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$. The calibration standards were burned in until the photometric quantities remained constant previous to the calibrations.

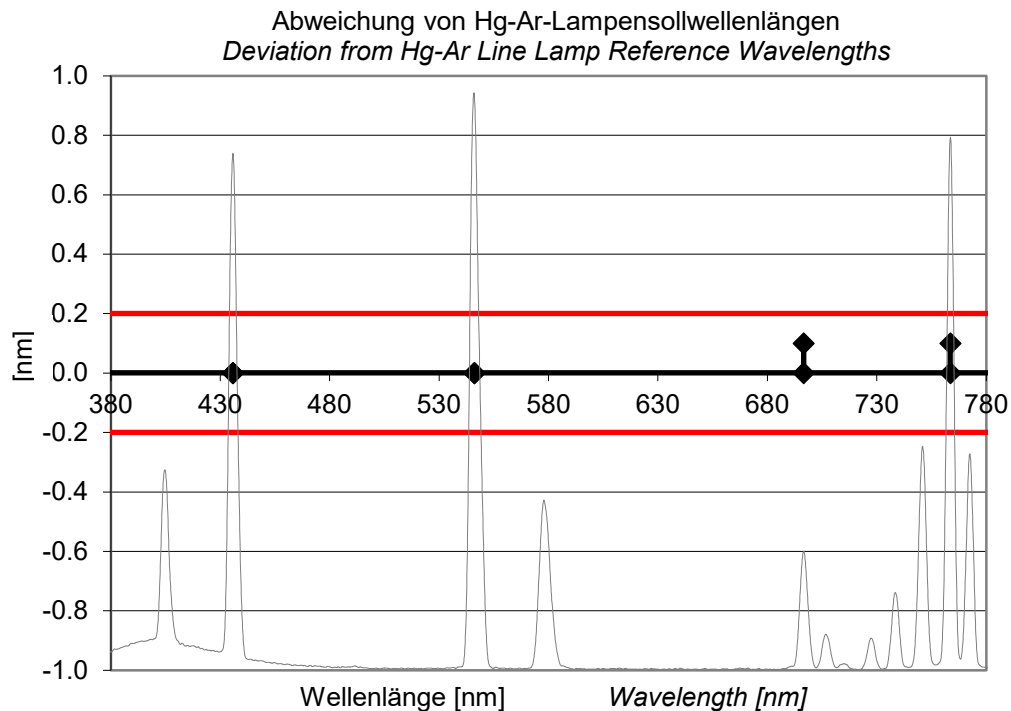
Messergebnisse Results of measuring

Überprüfung des Fitpolynoms an ausgewählten Wellenlängen:
Review of the fit polynomial at selected wavelengths:

Wellenlänge [nm] Wavelength [nm]	Wert (alt) [nm] Value (old) [nm]	Wert (neu) [nm] Value (new) [nm]	Wellenlänge [nm] Wavelength [nm]	Wert (alt) [nm] Value (old) [nm]	Wert (neu) [nm] Value (new) [nm]
435.8	-	435.8	696.5	-	696.6
546.1	-	546.1	763.5	-	763.6

Die erweiterte Messunsicherheit der Wellenlänge beträgt 0,2 nm.
Die ermittelten Fitkoeffizienten sind in Anlage 1 enthalten.

The extended measurement uncertainty of wavelength is 0.2 nm.
The obtained fit coefficients are included in appendix 1.





Empfindlichkeitskalibrierung:
Sensitivity calibration:

Strahldichte-Modus:
Radiance mode:

Parameter Parameter	Nennwert Nominal value	Wert(alt) Value (old)	Wert(neu) Value (new)	Erweiterte Mess- unsicherheit Extended measurement uncertainty
Leuchtdichte Luminance [cd/m^2]	99.7	-	99.7	2.7*
Strahldichte Radiance [$\text{W/sr}\cdot\text{m}^2$]	0.61	-	0.61	1.52E-02**
Spektrale Strahldichte bei 550 nm Spectral radiance at 550 nm [$\text{W}/(\text{sr}\cdot\text{m}^2\cdot\text{nm})$]	1.29E-03	-	1.28E-03	4.50E-05***
Nennfarbtemperatur Nominal color temperature [K]	2992	-	2993	25

*) Der Wert für den sich ergebenden Kalibrierfaktor wird häufig in der Form $(100 \pm 2,7\%)$ ausgedrückt.

**) Der Wert für den sich ergebenden Kalibrierfaktor wird häufig in der Form $(100 \pm 2,5\%)$ ausgedrückt.

***) Der Wert für den sich ergebenden Kalibrierfaktor wird häufig in der Form $(100 \pm 3,5\%)$ ausgedrückt.

*) For the value of the calibrating factor that results, often the expression $(100 \pm 2.7\%)$ will be used.

**) For the value of the calibrating factor that results, often the expression $(100 \pm 2.5\%)$ will be used.

***) For the value of the calibrating factor that results, often the expression $(100 \pm 3.5\%)$ will be used.

Die ermittelten Empfindlichkeitsfaktoren für die einzelnen Wellenlängen sind in Anlage 2 enthalten.
The obtained sensitivity factors for the individual wavelengths are included in appendix 2.

Ergänzend werden die ermittelten Farbkoordinaten x und y für den Strahldichtemodus angegeben:
Additionally, the obtained chromaticity coordinates x and y for the radiance mode are given:

Parameter Parameter	Nennwert Nominal value	Wert (alt) Value (old)	Wert (neu) Value (new)
x	0.4390	-	0.4389
y	0.4073	-	0.4072



7224
WK-L
2025-01

Die angegebenen erweiterten Messunsicherheiten setzen sich zusammen aus den Messunsicherheiten der Kalibrierverfahren und denen der Wellenlängen-, Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtenormale während der Kalibrierung. Angegeben sind die erweiterten Messunsicherheiten, die sich aus der Standard-Messunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k=2$ ergeben. Sie wurden gemäß EA-4/02 ermittelt. Der Wert der Messgrößen liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% im zugeordneten Wertintervall.

The indicated extended measurement uncertainties consist of the measurement uncertainties of the calibrating procedures and those of the wavelength the illuminance and the luminance standards during the calibration. Indicated are the extended measurement uncertainties, which result from the standard measurement uncertainty as a result of multiplication by the extension factor $k=2$. They were determined in accordance with EA-4/02. The values of the measuring quantities are in the assigned valuation interval with a probability of 95%.

Bemerkung

Remark

Die Abweichungen des Kalibriergegenstandes liegen innerhalb der zulässigen Toleranz.

Eine Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Kalibriergegenstandes von anderen als den angegebenen Betriebsbedingungen oder Einflussgrößen ist nicht untersucht worden.

The deviations of the calibrating object are within the allowed tolerance.

A dependence of the sensitivity of the calibrating object on other ones as the indicated operating conditions or influencing variables was not examined.



Seite 8
Page 8

zum Kalibrierschein
of calibration certificate dated

2. März 2025
02 March 2025

7224
WK-L
2025-01

Anlage 1 – Koeffizienten des Wellenlängen-Fitpolynoms

Appendix 1 – Coefficients of wavelength fit polynom

Koeffizient Coefficient	k_0	k_1	k_2	k_3	k_4
Wert Value	1.279082E+2	1.393683E+0	-3.791226E-4	-1.424965E-7	1.336424E-10



Anlage 2 – Tabelle ausgewählter spektraler Empfindlichkeitsfaktoren für den Strahldichtemodus

Appendix 2 – Table of selected spectral sensitivity factors for radiance mode

Wellenlänge [nm] Wavelength [nm]	Spektrale Empfindlichkeit [counts/Ws/(sr m ² nm)] Spectral sensitivity [counts/Ws/(sr m ² nm)]	Wellenlänge [nm] Wavelength [nm]	Spektrale Empfindlichkeit [counts/Ws/(sr m ² nm)] Spectral sensitivity [counts/Ws/(sr m ² nm)]
380	1.6282E+08	585	1.5422E+08
385	1.6971E+08	590	1.4921E+08
390	1.7069E+08	595	1.4831E+08
395	1.5477E+08	600	1.4658E+08
400	1.4291E+08	605	1.4396E+08
405	1.3654E+08	610	1.4256E+08
410	1.2881E+08	615	1.4142E+08
415	1.2650E+08	620	1.4042E+08
420	1.3005E+08	625	1.3790E+08
425	1.3397E+08	630	1.3775E+08
430	1.4320E+08	635	1.3935E+08
435	1.4691E+08	640	1.3858E+08
440	1.6149E+08	645	1.3815E+08
445	1.5433E+08	650	1.3775E+08
450	1.7004E+08	655	1.3586E+08
455	1.7581E+08	660	1.3456E+08
460	1.8283E+08	665	1.3297E+08
465	1.7581E+08	670	1.3027E+08
470	1.8048E+08	675	1.2692E+08
475	1.8009E+08	680	1.2265E+08
480	1.7912E+08	685	1.1910E+08
485	1.8011E+08	690	1.1694E+08
490	1.7695E+08	695	1.1249E+08
495	1.7717E+08	700	1.0681E+08
500	1.7890E+08	705	1.0335E+08
505	1.7735E+08	710	1.0022E+08
510	1.8702E+08	715	9.5004E+07
515	1.8128E+08	720	8.9261E+07
520	1.9272E+08	725	8.5160E+07
525	1.9023E+08	730	8.2817E+07
530	1.9516E+08	735	7.9739E+07
535	1.9133E+08	740	7.6796E+07
540	1.9296E+08	745	7.4074E+07
545	1.8553E+08	750	7.1499E+07
550	1.8277E+08	755	6.8720E+07
555	1.8151E+08	760	6.6430E+07
560	1.7561E+08	765	6.4098E+07
565	1.6783E+08	770	6.1386E+07
570	1.6564E+08	775	5.8749E+07
575	1.6028E+08	780	5.7392E+07
580	1.5773E+08		