

Werkskalibrierung (JETI Technische Instrumente GmbH)

Kalibrierung für optische Strahlungsmessgrößen
Calibration for optical radiometry



Kalibrierschein
Calibration Certificate

Kalibrierzeichen
Calibration mark

4819
WK-L
2020-06

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

spectraval1511

Serien-Nr.
Serial number

1510xxx

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.

example

Anzahl der Seiten des Kalibrierscheins
Number of pages of the certificate

9

Datum der Kalibrierung
Date of calibration

16.06.2020

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
JETI
Technische Instrumente GmbH
Göschwitzer Straße 48, D-07745 Jena
Tel.: +49 (0)3641 232 92 00
Fax: +49 (0)3641 232 92 01

Datum
Date

16. Juni 2020
16 June 2020

Geschäftsführer
Manager

Steffen Görlich

Verantwortliche
Person in charge

Gudrun Bornhöft

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

Beschreibung des Kalibriergegenstandes

Description of calibrating-subject

Der Kalibriergegenstand ist ein spektral messendes Radiometer spectraval1511 auf Basis eines Miniaturspektrometers für den Wellenlängenbereich 380 ... 780 nm. Außer den entsprechenden radiometrischen und photometrischen Größen sind die farbmetrischen Werte x,y, Farbtemperatur, Farbsättigung, Farbreinheit sowie die Farbwiedergabeindizes mit dem Gerät ermittelbar.

The calibrating-subject is a spectral measuring radiometer spectraval1511 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 ... 2047) und k_0 ... 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 polynom 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 ... 2047) and k_0 ... 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.



4819
WK-L
2020-06

Kalibrierbedingungen *Calibration conditions*

Wellenlängenkalibrierung:

Die Wellenlängenkalibrierung wurde mit der Fit-Software JETI Universal Fit Tool Vers. 2.1.28 durchgeführt. Das Kalibrierobjekt wurde mit der Firmware SPECFIRM_1511_V1.10.0 23042020 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; 546,07 nm; 696,54 nm; 706,72 nm;
727,29 nm; 738,40 nm; 763,51 nm; 772,40 nm; 794,82 nm.

Wavelength calibration:

Wavelength calibration was performed using the fit software JETI Universal Fit Tool Vers. 2.1.28. The calibration object was used with the firmware SPECFIRM_1511_V1.10.0 23042020.

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; 546.07 nm; 696.54 nm; 706.72 nm;
727.29 nm; 738.40 nm; 763.51 nm; 772.40 nm; 794.82 nm.*

Empfindlichkeitskalibrierung:

Software

Zur Empfindlichkeitskalibrierung wurde das Kalibriermenü der radiometrischen Software JETI LiVal Vers. 6.16 verwendet. Das Kalibrierobjekt wurde mit der Firmware SPECFIRM_1511_V1.10.0 23042020 verwendet.

Messaufbau Strahldichtemodus:

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

Strahldichtenormal:

Als Kalibriernormal wurde das Modell OL-455-4-1 der Fa. Gooch & Housego, USA genutzt.

- Strahldichte-Kalibrierquelle OL-455-4-1 S/N: 03101043
- Ansteuergerät OL-400 S/N: 18208358
- Regelbereich $0,003 \dots 100\,000 \text{ cd/m}^2$ und $2000 \dots 3000 \text{ K}$

Das Kalibriernormal wurde von der Fa. Gooch & Housego, USA auf Normale des National Institute of Standards and Technology Gaithersburg MD USA (NIST) entsprechend der Testreport-Nummer 919-106 zurückgeführt.

Der Stützstellenabstand der Empfindlichkeitskalibrierungen betrug 1 nm .



4819
WK-L
2020-06

Sensitivity calibration:

Software

The calibration menu of the radiometric software JETI LiVal Ver. 6.16 was used for sensitivity calibration. The calibration object was used with the firmware SPECFIRM_1511_V1.10.0 23042020.

Calibration set up radiance mode:

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

Standard radiance source:

The model OL-455-4-1 of Gooch & Housego, LCC USA was used as standard source.

- Radiance Calibration Source OL-455-4-1 S/N: 03101043
- Calibration Source Controller OL-400 S/N: 18208358
- Control range 0,003 100 000 cd/m² und 2000 ... 3000 K

The calibration standard was traced by Gooch & Housego, USA to standards of the National Institute of Standards and Technology Gaithersburg MD USA (NIST) according to the test report number 919-106, traced the calibration standard.

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

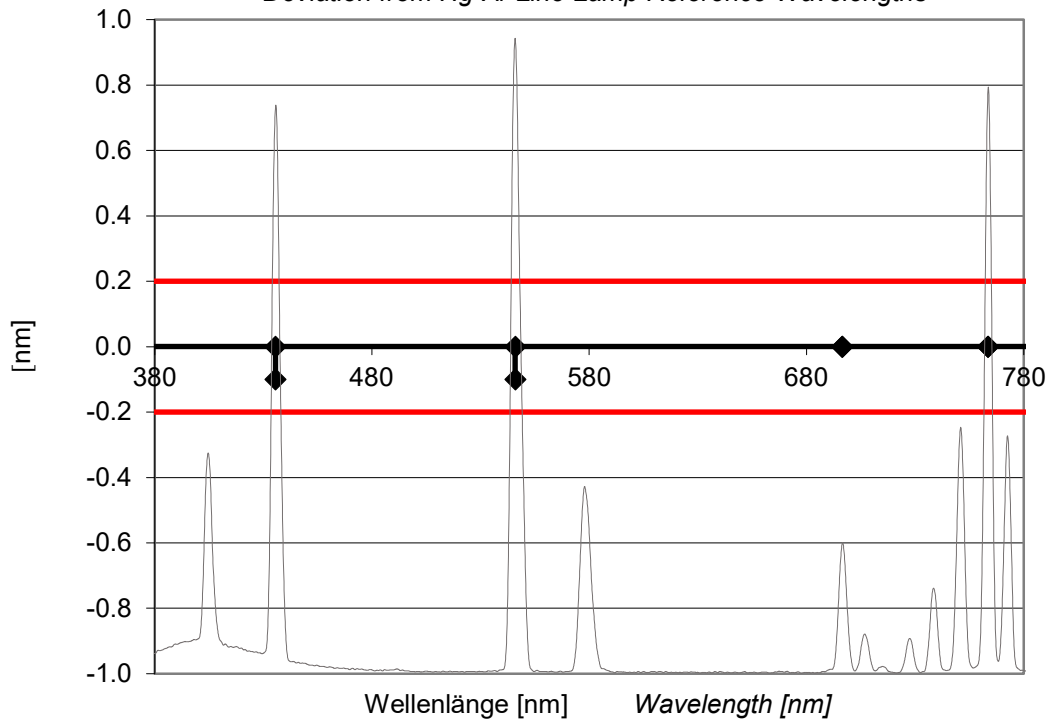
Überprüfung des Fitpolynoms an ausgewählten Wellenlängen:
Review of the fit polynomial at selected wavelengths:

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	435.7	696.5	696.6	696.5
546.1	545.9	546.0	763.5	763.6	763.5

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.

Abweichung von Hg-Ar-Lampensollwellenlängen
Deviation from Hg-Ar Line Lamp Reference Wavelengths



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]	100.0	100.3	100.1	4.4*
Strahldichte Radiance [$\text{W}/\text{sr}\cdot\text{m}^2$]	0.62	0.62	0.62	0.03*
Spektrale Strahldichte bei 550 nm Spectral radiance at 550 nm [$\text{W}/(\text{sr}\cdot\text{m}^2\cdot\text{nm})$]	1.28E-03	1.29E-03	1.29E-03	5.65E-05*
Nennfarbtemperatur Nominal color temperature [K]	3001	3000	3001	19

*) Der Wert für den sich ergebenden Kalibrierfaktor wird häufig in der Form $(100 \pm 4,4\%)$ ausgedrückt.

*) For the value of the calibrating factor that results, often the expression $(100 \pm 4.4\%)$ 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	0.4386	0.4384	0.4386
y	0.4076	0.4070	0.4076

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%.



Seite 7
Page 7

zum Kalibrierschein
of calibration certificate dated

18. Juni 2020
18 June 2020

4819
WK-L
2020-06

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-subject are within the allowed tolerance.

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



4819
WK-L
2020-06

Anlage 1 – Koeffizienten des Wellenlängen-Fitpolynoms

Appendix 1 – Coefficients of wavelength fit polynom

Koeffizient Coefficient	k₀	k₁	k₂	k₃	k₄
Wert Value	-2.864692E+2	3.304320E+0	-5.796500E-3	9.097582E-6	-5.434980E-9

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	2.9790E+07	585	2.0761E+08
385	5.4292E+07	590	2.0269E+08
390	7.6981E+07	595	1.9536E+08
395	9.5856E+07	600	1.8898E+08
400	1.2771E+08	605	1.8248E+08
405	1.4076E+08	610	1.7522E+08
410	1.4641E+08	615	1.6637E+08
415	1.4698E+08	620	1.5873E+08
420	1.4239E+08	625	1.5291E+08
425	1.3897E+08	630	1.4702E+08
430	1.3510E+08	635	1.4199E+08
435	1.3721E+08	640	1.3713E+08
440	1.3648E+08	645	1.3290E+08
445	1.4617E+08	650	1.2959E+08
450	1.5769E+08	655	1.2762E+08
455	1.6663E+08	660	1.2636E+08
460	1.8592E+08	665	1.2547E+08
465	1.9349E+08	670	1.2483E+08
470	1.9384E+08	675	1.2414E+08
475	1.9300E+08	680	1.2418E+08
480	1.9610E+08	685	1.2446E+08
485	2.0255E+08	690	1.2490E+08
490	2.0078E+08	695	1.2485E+08
495	1.8898E+08	700	1.2496E+08
500	1.8434E+08	705	1.2427E+08
505	1.8005E+08	710	1.2404E+08
510	1.7046E+08	715	1.2272E+08
515	1.6531E+08	720	1.2008E+08
520	1.6583E+08	725	1.1804E+08
525	1.6524E+08	730	1.1743E+08
530	1.6425E+08	735	1.1592E+08
535	1.6864E+08	740	1.1342E+08
540	1.7556E+08	745	1.0970E+08
545	1.8073E+08	750	1.0513E+08
550	1.8471E+08	755	1.0115E+08
555	1.9183E+08	760	9.7122E+07
560	2.0037E+08	765	9.3323E+07
565	2.0423E+08	770	8.7832E+07
570	2.0543E+08	775	7.9953E+07
575	2.0593E+08	780	6.8593E+07
580	2.0796E+08		