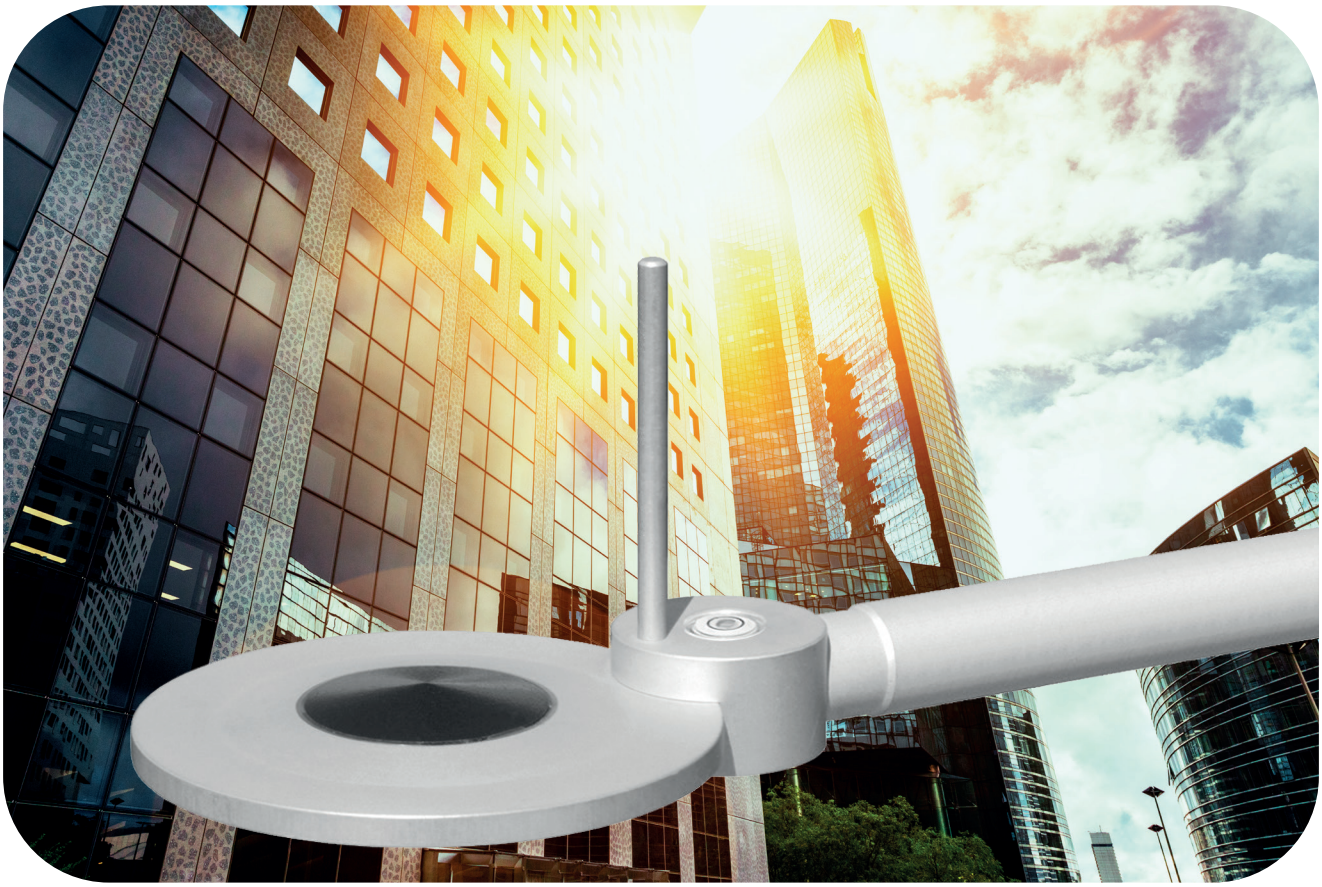


BETRIEBSANLEITUNG

16123

Netto-Radiometer

aem | LAMBRECHT meteo

Inhalt

1.	Sicherheitsanweisungen	3
2.	Gewährleistung	3
3.	Allgemeine Informationen	3
4.	Lieferumfang	4
5.	Kurzanleitung	4
6.	Sensoreigenschaften	5
6.1.	Elektrische Eigenschaften	6
6.2.	Spektrale Eigenschaften	6
6.3.	Richteigenschaften/ Kosinusantwort	7
6.4.	Empfindlichkeit gegenüber der Windgeschwindigkeit	7
7.	Kalibrierung	8
8.	Installation und Wartung	9
9.	Fehlerbeseitigung	9
10.	Entsorgung	10
11.	Technische Daten	11

1. Sicherheitsanweisungen

Das System ist dem Stand der Technik entsprechend nach anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gebaut. Dennoch sind folgende Hinweise zu beachten:

- Machen Sie sich vor der Inbetriebnahme mit den zugehörigen Betriebsanleitungen vertraut.
- Beachten Sie innerbetriebliche und landesspezifische Richtlinien bzw. Unfallverhütungsvorschriften (z. B. der Berufsgenossenschaft). Informieren Sie sich ggf. bei Ihrem zuständigen Sicherheitsbeauftragten.
- Verwenden Sie das System nur gemäß der in der Betriebsanleitung entsprechend ausgewiesenen Bestimmung.
- Bewahren Sie die Betriebsanleitung stets griffbereit am Einsatzort des Systems auf.
- Betreiben Sie das System nur in technisch einwandfreiem Zustand! Auftretende Störungen, die die Sicherheit beeinträchtigen können, sollten Sie umgehend beseitigen!
- Lassen Sie keine unerlaubten Flüssigkeiten in das Innere des Messgerätes dringen.

2. Gewährleistung

Beachten Sie den Gewährleistungsverlust und Haftungsausschluss bei unerlaubten Eingriffen in das System. Änderungen bzw. Eingriffe in die Systemkomponenten dürfen nur mit ausdrücklicher Genehmigung der LAMBRECHT meteo GmbH durch Fachpersonal erfolgen.

Die Gewährleistung beinhaltet nicht:

1. Mechanische Beschädigungen durch äußere Schlageinwirkung (z. B. Eisschlag, Steinschlag, Vandalismus)

2. Einwirkungen oder Beschädigungen durch Überspannungen oder elektromagnetische Felder, welche über die in den technischen Daten genannten Normen und Spezifikationen hinausgehen.

3. Beschädigungen durch unsachgemäße Handhabung, wie durch falsches Werkzeug, falsche Installation, falsche elektrische Installation (z.B. Verpolung) usw.

4. Beschädigungen, die zurückzuführen sind auf den Betrieb der Geräte außerhalb der spezifizierten Einsatzbedingungen.

3. Allgemeine Informationen

Das Netto-Radiometer dient zum Messen der Strahlungsbilanz der Sonnenstrahlung und der Strahlung im fernen Infrarotbereich. Diese Bilanz wird in der Regel als Nettostrahlung (Gesamtstrahlung) bezeichnet.

Der nach oben gerichtete Sensor misst die Sonnenenergie und die Energie im fernen Infrarotbereich, die über die gesamte Homosphäre empfangen wird. Der nach unten gerichtete Sensor misst die von der Bodenoberfläche empfangene Energie. Der Wert des nach unten gerichteten Sensors wird automatisch vom Wert des nach oben gerichteten Sensors abgezogen. Der sich daraus ergebende Wert wird in ein Ausgangssignal umgewandelt. Dieser Ausgabewert stellt die Nettostrahlung dar, die als von der Bodenoberfläche absorbierte Strahlungsenergie interpretiert werden kann. Der Ausgabewert wird in Watt pro Quadratmeter ausgedrückt.

Das Netto-Radiometer ist für den ständigen Ausseneinsatz konzipiert. Im Unterschied zu den meisten Geräten

zur Messung der Nettostrahlung verfügt es nicht über Plastikkuppeln. Anstelle der Kuppeln besitzt das Gerät eine teflonbeschichtete Sensoroberfläche. Dies bietet große Vorteile hinsichtlich Wartung und Sensorstabilität. Die Empfindlichkeit gegenüber Windeinflüssen ist jedoch höher (siehe 6.4), wodurch die Genauigkeit begrenzt wird.

Das Netto-Radiometer wird zur Messung der Strahlungsbilanz als meteorologischer Parameter verwendet. Der Einsatz in Innenräumen zur Messung der Strahlungsbelastung ist ebenso möglich. Es ist mit einer Libelle zur Nivellierung ausgestattet.

Das Netto-Radiometer 16123 erfüllt sämtliche Anforderungen der CE-Richtlinie 89/336/EEC.

4. Lieferumfang

- 1 x Netto-Radiometer 16123 mit Haltearm und Kabel
- 1 x Metallstab (auf dem Instrument zu installieren)
- 1 x Kalibrierungszertifikat
- 1 x Bedienungsanleitung

5. Kurzanleitung

ANFORDERUNGEN

1. Netto-Radiometer 16123
2. Voltmeter mit einem Bereich von 0...50 mV und einer Eingangsimpedanz von mehr als 5000 Ω
3. Eine Lampe als Lichtquelle

- Positionieren Sie das Gerät so, dass der nach unten gerichtete Sensor sich 1 cm über einer Fläche (z. B. einem Tisch) befindet und der obere Sensor zur Lichtquelle hin ausgerichtet ist. Vermeiden Sie Berührungen des Sensors, da dies zu thermischen Störungen führt, auf die der Sensor empfindlich reagiert. Befestigen Sie den Sensor stets am Haltearm.
- Verbinden Sie die Drähte des Netto-Radiometers mit dem Voltmeter: roter Draht an +Pol/ blauer Draht an -Pol.
- Schalten Sie das Voltmeter auf den empfindlichsten Bereich.
- Lesen Sie bei ausgeschalteter Lichtquelle das Sensorsignal ab (es dauert etwa eine Minute, bis sich das Signal stabilisiert).
- Setzen Sie den Sensor dem Licht aus. Jetzt müsste ein positiver Wert abzulesen sein.
- Schalten Sie die Lichtquelle wieder ab. Das Signal sollte langsam zur ursprünglichen Signalstärke zurückkehren. Dies zeigt, dass der Sensor empfindlich auf Licht reagiert.
- Drehen Sie den Sensor um. Das Vorzeichen des Signals kehrt sich um (+10 mV wird zu -10 mV), weil jetzt der Wert des unteren Sensors vom oberen subtrahiert wird. Differenzen von 20 % spielen unter diesen Bedingungen keine Rolle! Ist das Ergebnis OK, setzen Sie den Sensor wieder in die ursprüngliche Position und lassen Sie das Signal sich stabilisieren.

- Halten Sie Ihre Hand über den oberen Sensor. Der Signalwert müsste größer werden, falls die Sensortemperatur geringer ist als die Temperatur Ihrer Hand. Ist die Temperatur Ihrer Hand niedriger als die des Sensors, wird der Signalwert kleiner.
- Die Empfindlichkeit gegenüber thermischen Störungen lässt sich demonstrieren, wenn Sie den Rand des Sensors (das blanke Metall) einige Sekunden vorsichtig berühren. Die Störung führt zu einer Signal- oder Nullverschiebung, die nur langsam wieder ausgeglichen wird.
- Stellen Sie das Voltmeter so ein, dass der erwartete volle Ausgangswert des Netto-Radiometers dem vollen Eingangswert des Voltmeters entspricht. Vergleichen Sie dazu die folgenden theoretischen Überlegungen:
- Wenn die erwartete maximale Strahlung +1500 W/m², der Minimalwert -200 W/m² und die Empfindlichkeit des Netto-Radiometers 10 µmV pro W/m² beträgt, ist der erwartete Ausgangswert des Pyranometers 1700 W/m² x 10 µV/ W/m² = 17000 µV = 17 mV. Diese Werte gelten für normale meteorologische Anwendungen.
- Berechnen Sie die Strahlungsstärke, indem Sie den Ausgangswert des Netto-Radiometers (17 mV) durch den Kalibrierungsfaktor (10 µV pro W/m²) teilen.
- Für eine permanente Installation sollte das Netto-Radiometer am Haltearm angebracht werden. Das Netto-Radiometer muss in einem Bereich aufgestellt werden, der von Hindernissen frei ist. Unter keinen Umständen sollten Schatten auf den Sensor fallen.
- Wartung: Die Sensoroberfläche kann mit Wasser oder Alkohol vorsichtig gereinigt werden.
- Eine Neukalibrierung wird alle 2 Jahre empfohlen.

6. Sensoreigenschaften

Das Netto-Radiometer besteht aus einem Thermosäulendetektor, zwei schwarzen, teflonbeschichteten Sensoroberflächen, einem Gehäuse mit eingebauter Libelle, einem Kabel und einem kleinen, anzuschraubenden Metallstab.

Die Thermosäule besteht aus einigen Thermoelementen, die in Reihe geschaltet sind. Damit handelt es sich hier um einen sehr empfindlichen, differentiellen Temperatursensor.

Die Thermosäule erzeugt eine Ausgangsspannung (der Sensor arbeitet passiv, es ist keine Stromversorgung erforderlich). Der nach oben gerichtete Sensor ist mit den oberen Anschlüssen der Thermosäule verbunden, der nach unten gerichtete Sensor mit den unteren Anschlüssen.

Der Sensor misst den Temperaturunterschied zwischen der oberen und unteren Sensoroberfläche. Dieser Temperatur-unterschied lässt sich sehr genau bestimmen (es können Änderungen von weniger als 0.001 °C erfasst werden). Der Temperaturunterschied verhält sich proportional zur Nettostrahlung.

Die meisten elektrischen Daten des Geräts hängen von der Thermosäule ab. Die spektralen Daten richten sich nach der schwarzen Teflonbeschichtung.

Sowohl der nach oben als auch der nach unten gerichtete Sensor haben einen Öffnungswinkel von 180°. Die Winkelcharakteristik der Sensoren weist die so genannte Kosinusantwort auf.

6.1. Elektrische Eigenschaften

Die elektrische Schaltung des Netto-Radiometers sehen Sie in Abbildung 1.

Die Eingangsimpedanz des Ablesegerätes sollte > 1 MΩ sein, so dass sich eine Fehlertoleranz von < 0.1 % ergibt.

Das Kabel kann ohne weiteres auf 100 m verlängert werden, falls der Kabelwiderstand weniger als 0.1 % des Eingangswiderstands des Ablesegeräts beträgt.

Die elektrische Empfindlichkeit der Thermosäule ändert sich mit der Temperatur. Ein Nennwert für die Empfindlichkeit kann nicht angegeben werden. Die Kalibrierung erfolgt bei 20 °C.

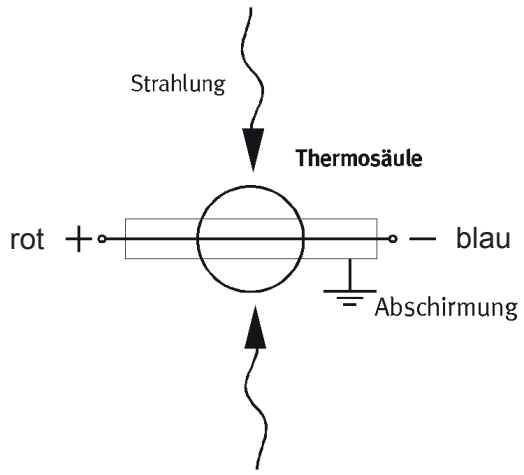


Abb. 1: Elektrische Schaltung des Netto-Radiometers

6.2. Spektrale Eigenschaften

Die spektralen Eigenschaften des Netto-Radiometers werden durch die teflonbeschichtete Sensoroberfläche bestimmt. Die spektrale Empfindlichkeit wird nicht weiter spezifiziert, da sie keine entscheidende Bedeutung hat.

Eine Skizze der ungefähren spektralen Empfindlichkeit zeigt Abbildung 2.

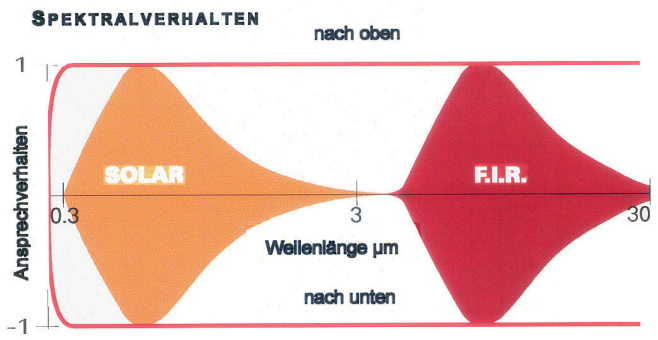


Abb. 2: Die ungefähre spektrale Empfindlichkeit des Netto-Radiometers (16123) in Abhängigkeit vom Sonnenspektrum bei klarem Himmel und dem Spektrum der abgehenden Strahlung im fernen Infrarotbereich

Der nach oben gerichtete Sensor wurde für die Wellenlängen der Sonnenstrahlung kalibriert. Es wird davon ausgegangen, dass der untere Sensor die gleiche Empfindlichkeit hat. Geringe Symmetrieunterschiede können vernachlässigt werden. Außerdem wird angenommen, dass die Empfindlichkeit des Sensors für Infrarotstrahlung und die Empfindlichkeit für die Sonnenstrahlung gleich sind.

6.3. Richteigenschaften/ Kosinusantwort

Um Strahlung auf ebenen Flächen messen zu können (auch Strahlungsintensität oder Strahlungsdichte genannt), sind zwei Voraussetzungen zu erfüllen: Erstens muss die Oberfläche spektral schwarz sein (d. h. sie absorbiert Strahlung aller Wellenlängen) und zweitens muss der Öffnungswinkel 180° groß sein. Mit anderen Worten, die Richteigenschaften des Sensors müssen einer Kosinusantwort entsprechen.

Die Sensoroberfläche des Netto-Radiometers ist kegelförmig, damit die Ausgangswerte des Geräts als Kosinuskurve dargestellt werden können. Eine perfekte Kosinusantwort liegt vor, wenn bei einem Einfallswinkel von 0° (senkrecht zur Sensoroberfläche) die maximale Empfindlichkeit (1) und bei einem Einfallswinkel von 90° (Strahlung geht über die Sensoroberfläche hinweg) eine Empfindlichkeit (0) erreicht wird. Zwischen 0° und 90° muss sich die Empfindlichkeit proportional zum Kosinus des Einfallswinkels ändern.

Abbildung 3 zeigt das Verhalten eines typischen Netto-Radiometers. Die vertikale Achse zeigt die Abweichung vom Idealverhalten, ausgedrückt als n% Abweichung vom Idealwert.

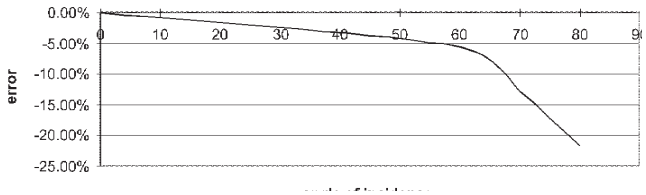


Abb. 3: Richteigenschaften oder Kosinusantwort des Netto-Radiometers 16123. Auf der horizontalen Achse ist der Zenitwinkel angegeben (ein Zenitwinkel von 0° entspricht einem Einfallswinkel von 90°). Auf der vertikalen Achse wird die Abweichung vom idealen Kosinusverhalten in Prozent angegeben. Das Kosinusverhalten des Netto-Radiometers ist sehr gut, da die Sensoroberfläche kegelförmig ist.

6.4. Empfindlichkeit gegenüber der Windgeschwindigkeit

Das Netto-Radiometer wird bei einer Windgeschwindigkeit von 0 m/s kalibriert. Bei höheren Windgeschwindigkeiten nimmt die Empfindlichkeit und damit die Ausgangsspannung ab.

Wenn die ursprüngliche Empfindlichkeit angesetzt wird, ergeben sich zu niedrige Strahlungsintensitäten. Das Gerät wurde jedoch so konstruiert, dass dieser Fehler normalerweise so gering ist, dass eine Korrektur nicht erforderlich ist. Dies wird dadurch erreicht, dass das ΔT des Sensors niedrig bleibt.

Für wissenschaftliche Untersuchungen kann die Empfindlichkeit korrigiert werden, indem die berechneten Strahlungsintensitäten mit dem Faktor ($1 + v * x^{3/4}$) multipliziert werden.

Dabei steht v für die Windgeschwindigkeit und x ist empirisch zu ermitteln (x ist ca. 0.01).

7. Kalibrierung

Eine Rekalibrierung wird alle zwei Jahre empfohlen. Dazu sollte das Gerät an den Lieferanten eingesendet werden. Zuvor können jedoch Genauigkeit und Leistung vor Ort überprüft werden.

Dazu wird ein Gerät mit höherer Genauigkeit an zwei sonnigen Tagen parallel zum zu kalibrierenden Netto-Radiometer betrieben. Anschließend können die Tageswerte verglichen werden. Der Kalibrierungsfaktor kann korrigiert werden, falls die Ergebnisse um mehr als 5 % abweichen. Als Referenzgerät ist ein Gerät mit höherer Genauigkeit oder ein Netto-Radiometer, das an einem geschützten Ort aufbewahrt wurde, zu verwenden. (Die Sensorstabilität wird hauptsächlich durch die Alterung der schwarzen Sensoroberfläche bestimmt.)

Die Sensorleistung im Ausseneinsatz lässt sich überprüfen, indem Sie den Sensor bei stabilen atmosphärischen Bedingungen umdrehen. Das Vorzeichen des Sensorausgangs sollte sich in diesem Fall ändern.

! Beachten Sie, dass die Ansprechzeit des Sensors etwa eine Minute beträgt.

Dieses Verfahren hat jedoch nur eine Genauigkeit von 20 %, da die Sensorsymmetrie keine höhere Genauigkeit aufweist.

KALIBRIERMETHODE

Der nach oben gerichtete Sensor des Netto-Radiometers wird für die Sonnenstrahlung kalibriert. Es wird davon ausgegangen, dass der nach unten gerichtete Sensor die gleiche Empfindlichkeit hat. Die Empfindlichkeit kann jedoch abweichen. Diese Abweichung ist akzeptabel, weil das Signal des nach unten gerichteten Sensors im allgemeinen mindestens um den Faktor 3 kleiner ist als das Signal des nach oben gerichteten Sensors.

Weiterhin wird angenommen, dass die Empfindlichkeit für Infrarotstrahlung und die für Sonnenstrahlung gleich sind. Abweichungen können vernachlässigt werden, weil die Sonnenstrahlung dominiert.

Während einer Kalibrierung muss es windstill sein, da Windgeschwindigkeiten ebenfalls Abweichungen verursachen (siehe 6.4). Jedoch ist eine Korrektur nur des durch Wind verursachten Fehlers nicht ausreichend, um die Genauigkeit des Netto-Radiometers zu erhöhen.

Der nach oben gerichtete Sensor des Netto-Radiometers wird im Vergleich zu einem Normalpyranometer (dieses Radiometer reagiert nur auf die Sonnenstrahlung) bei natürlichem Sonnenlicht und klarem Himmel kalibriert.

Weitere Referenzbedingungen: Temperatur 20 °C, Strahlungsintensität 500 W/m^2, Windgeschwindigkeit <2 m/s.

Der primäre Standard, zu dem im Vergleich das Normalpyranometer kalibriert wird, ist die Weltreferenz für Radiometrie.

KALIBRIERUNGSBEDINGUNGEN

- Der obere Sensor ist für Sonnenstrahlung kalibriert.
- Rückführbar auf Secondary Standard Pyranometer.
- Normaler Einfallswinkel, 500 W/m^2, 20 °C; horizontale Position, keine Windgeschwindigkeit

8. Installation und Wartung

Das Netto-Radiometer kann mit seinem Haltearm an einem Mast befestigt werden. Die Nivellierung des Geräts kann mittels der eingebauten Libelle erfolgen. Der kleine Metallstab wird in die am Gehäuse vorhandene Gewindebohrung eingeschraubt. Er dient zum Schutz vor Landeanflügen von Vögeln.

Bei der Installation an einem Mast ist das Gerät so auszurichten, dass zu keiner Tageszeit Schatten auf das Gerät fallen können. In Gebieten der nördlichen Erdhalbkugel sollte das Netto-Radiometer daher auf der Südseite des Mastes angebracht werden.

Die Messungen sollten in einer Höhe h von mindestens 1,5 m über der Erdoberfläche erfolgen, um Schatteneffekte zu vermeiden und das Ermitteln räumlicher Durchschnittswerte zu ermöglichen. Das Signal des nach unten gerichteten Sensors ist repräsentativ (99 %) für einen Kreis mit dem zehnfachen Radius der Höhe h.

Das Netto-Radiometer ist ein Allwettergerät und benötigt nach der Installation nur wenig Wartung. Es wird empfohlen, den Sensor regelmäßig mit Wasser oder Alkohol vorsichtig zu reinigen.

9. Fehlerbeseitigung

Falls Ihr Netto-Radiometer überhaupt nicht zu funktionieren scheint, führen Sie die folgenden Schritte aus:

- Prüfen Sie, ob das Netto-Radiometer auf Licht reagiert. Führen Sie dazu die in der „Kurzanleitung“ angegebenen Schritte aus.
- Kein Ergebnis? Messen Sie die Impedanz des Sensors am roten und blauen Draht. Der Wert sollte ca. 2,3 Ω betragen. Ist die Impedanz unendlich groß, ist die Thermosäule defekt.

Wenn die Werte des Netto-Radiometers größer oder kleiner sind als erwartet, helfen Ihnen die folgenden Fragen unter Umständen weiter:

- Messen Sie bei natürlichem Sonnenlicht?
- Die erwartete maximale Strahlung beträgt in diesem Fall 1500 W/m². Bei Lampenlicht kann dieser Wert höher sein. Bei Innenraummessungen sind kleinere Werte zu erwarten, falls keine Sonneneinstrahlung vorhanden ist. 50 W/m² sind ein typischer Wert für einen Raum, wenn die Messung vor einer Wand und gegenüber einem relativ kalten Fenster vorgenommen wird.
- Verwenden Sie den Kalibrierungsfaktor? Beachten Sie, dass dieser Faktor von Sensor zu Sensor unterschiedlich ist. Teilen Sie durch den Faktor? Das ist richtig.
- Wie groß ist die Eingangsimpedanz Ihres Ablesegeräts? Sie sollte bei > 1 MΩ liegen. Ist sie deutlich kleiner, treten Fehler auf.
- Ist Ihr Ablesegerät einwandfrei kalibriert?

Wenn Sie keine zufrieden stellende Antwort gefunden haben, wenden Sie sich an Ihren Lieferanten.

10. Entsorgung

Die LAMBRECHT meteo GmbH ist bei der Stiftung Elektro-Altgeräte Register ear erfasst und registriert unter:

WEEE-Reg.-Nr. DE 45445814

In der Kategorie Überwachungs- und Kontrollinstrumente, Geräteart: „Überwachungs- und Kontrollinstrumente für ausschließlich gewerbliche Nutzung“.

Innerhalb der EU

Das Gerät ist gemäß der Europäischen Richtlinien 2002/96/EG und 2003/108/EG (Elektro und Elektronik-Altgeräte) zu entsorgen. Altgeräte dürfen nicht in den Hausmüll gelangen! Für ein umweltverträgliches Recycling und die Entsorgung Ihres Altgerätes wenden Sie sich an einen zertifizierten Entsorgungsbetrieb für Elektronikschrott.

Außerhalb der EU

Bitte beachten Sie die im jeweiligen Land geltenden Vorschriften zur sachgerechten Entsorgung von Elektronik-Altgeräten.

11. Technische Daten

NETTO-RADIOMETER 16123	
Ident-Nr.	00.16123.100000
Messelement	Thermosäule; konischer, teflonbeschichteter Absorber (ohne Dome)
Messbereich	-2000...+2000 W/m² Strahlungsbilanz über einen großen Wellenbereich von 0,2...100 µm
Einsatzbereich	-30...+70 °C
Nichtlinearität	< 1 %
Ansprechzeit (95 %)	< 60 s
Empfindlichkeit	10 µV/ W/m² (nominal)
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit	- 0,1 %/ °C (typisch)
Richtfehler	< 3 % bei 0...60° Einfallswinkel bei 1000 W/m²; Sensorasymmetrie < 15 %
Erwarteter Signalbereich	-25...+25 mV (bei atmosphärischen Bedingungen)
Gehäuse	Eloxiertes Aluminium
Kabel	Polyurethan; 15 m
Gewicht	0,5 kg
Abmessungen	Siehe Abbildung 4

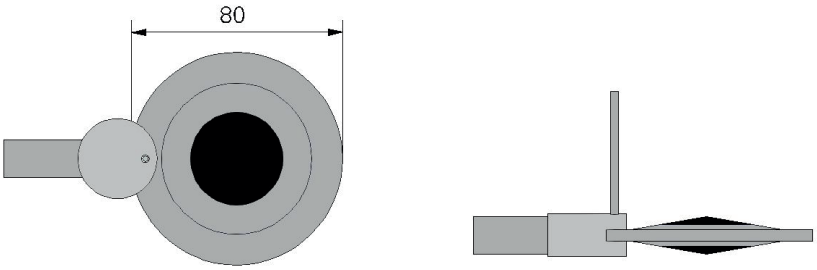
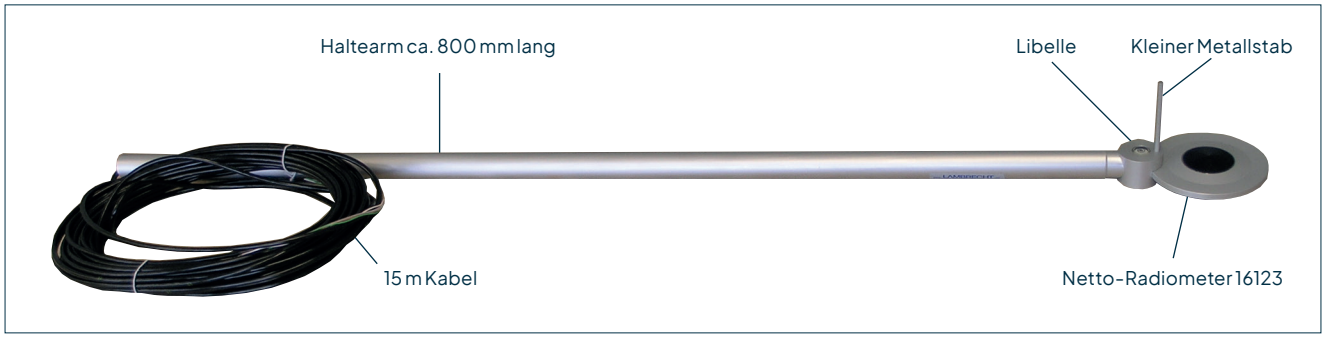


Abb. 4: Abmessungen des Netto-Radiometers 16123 und des Haltearms

Haltearm ø 20 x 800 mm



Copyright © 2025 LAMBRECHT meteo GmbH. All rights reserved.
Information in this document subject to change without notice.
Photo copyright: © sergiymolchenko - Adobe stock

LAMBRECHT meteo GmbH
Friedländer Weg 65
37085 Göttingen
Germany

Tel +49-(0)551-4958-0
E-Mail info-lambrecht@aem.eco
Internet www.lambrecht.net