



Bedienungsanleitung

CMP-Serie • Pyranometer
CMA-Serie • Albedometer

WICHTIGE INFORMATION FÜR DEN ANWENDER

Für die korrekte Installation, Anwendung und Wartung der Pyranometer der CMP-Serie und der Albedometer der CMA-Serie sollte diese Bedienungsanleitung sorgfältig durchgelesen werden.

Da keine Bedienungsanleitung perfekt ist, freuen wir uns über Anregungen an:

Kipp & Zonen B.V.

Delftechpark 36 2628 XH Delft, Niederlande
P.O. Box 507 2600 AM Delft, Niederlande

Telefon: +31 (0) 15 - 2755 - 210
Fax: +31 (0) 15 - 2620 - 351
Email support@kippzonen.com
Internet www.kippzonen.com

Gengenbach Messtechnik e.K.

Heinrich-Otto-Straße 3 D-73262 Reichenbach / Fils
Postfach 1229 D-73259 Reichenbach / Fils

Telefon: +49 (0) 7153 - 9258 - 0
Fax: +49 (0) 7153 - 9258 - 160
Email info@rg-messtechnik.de
Internet www.rg-messtechnik.de

Garantie und Haftung

Kipp & Zonen garantiert, daß das gelieferte Gerät sorgfältig geprüft wurde und den angegebenen Spezifikationen entspricht. Die in den Lieferbedingungen aufgeführte Garantieleistung wird nur erbracht, wenn das Gerät gemäß den mitgelieferten Vorschriften installiert wurde und entsprechend der Bedienungsanleitung betrieben wird.

Kipp & Zonen haftet nicht für Schäden außerhalb des Gerätes, sowie für Folgeschäden, die durch fehlerhaften oder nicht bestimmungsgemäßen Gebrauch des Gerätes verursacht werden. Dazu gehören insbesondere: entgangener Gewinn, Einkommensverluste, entgangene Geschäftschancen, Nichtbenutzbarkeit des Gerätes und / oder ähnliche Ausfälle.

Copyright © 2015 Kipp & Zonen B.V.

Alle Rechte vorbehalten. Ohne schriftliche Genehmigung des Herstellers darf diese Bedienungsanleitung, auch nicht auszugsweise, kopiert, in ein System gespeichert oder durch irgendwelche Verfahren in irgendeiner Form übertragen werden.

Kipp & Zonen behält sich das Recht vor, diese Anleitung, Broschüren, Spezifikationen oder andere Produktdokumentationen ohne Vorankündigung zu ändern.

Bedienungsanleitung Version: V1501

Herausgegeben am: 1st January 2015



**KIPP &
ZONEN**
SINCE 1830

Konformitätserklärung



Kipp & Zonen B.V.

Delftechpark 36, 2628 XH Delft
P.O. Box 507, 2600 AM Delft
Niederlande

erklärt in alleiniger Verantwortung, dass die Produkte:

CMP 3, CMP 6, CMP10, CMP 11, CMP 21 and CMP 22 Pyranometer
und
CMA 6 and CMA 11 Albedometer

gemäß dieser Erklärung den Europäischen harmonisierten Normen wie veröffentlicht im:
Amtsblatt der EC, Ausgabe: **C321/1 23-10-2012**
entsprechen.

Die Konformität der Produkte basiert auf:

EN 61326-1:2006 [EMC - Emissionen]

EN 61326-1:2006 [EMC - Störsicherheit]

nach den Vorgaben nachfolgender Vorschriften (wo anwendbar):
EMC-Directive **2004/108/EC**

Delft, 1st January 2015

Dr. F. Kuik - CEO
Kipp & Zonen B.V.

Inhaltsverzeichnis

WICHTIGE INFORMATION FÜR DEN ANWENDER	3
KONFORMITÄTSERKLÄRUNG	5
Inhaltsverzeichnis	7
1 Einführung	9
1.1 Produktübersicht	9
1.1.1 Pyranometer und Albedometer	9
1.1.2 Internationale Standards	10
1.2 Das Pyranometer CMP 3	11
1.3 Das Pyranometer CMP10	11
1.4 Die Pyranometer CMP 6, CMP 11, CMP 21 und CMP 22	12
1.5 Die Albedometer CMA 6 und CMA 11	12
2 Installation	13
2.1 Lieferumfang	13
2.2 Benötigtes Werkzeug	14
2.3 Örtlichkeit und Unterstützung	14
2.4 Installation zur Messung der Globalstrahlung	14
2.4.1 Installationsort	14
2.4.2 Montage	15
2.4.3 Ausrichtung	16
2.4.4 Nivellierung	16
2.4.5 Befestigung	16
2.4.6 Anschließen des Kabels	16
2.4.7 Anbringen des Sonnenschirms	16
2.5 Installation zur Messung der Globalstrahlung auf geneigte Oberflächen	16
2.6 Installation zur Messung der reflektierten Strahlung	17
2.7 Installation zur Messung der Albedo	17
2.8 Installation zur Messung der Diffusstrahlung	18
2.9 Elektrische Anschlüsse	18
2.9.1 Pyranometeranschlüsse	18
2.9.2 Albedometeranschlüsse	19
2.9.3 Erdung	19
2.9.4 Strahlungssignalausgang	19
2.9.5 Temperatursignalausgang	19
3 Zubehör	21
3.1 Messung der Diffusstrahlung	21
3.2 Ventilation	21
3.3 Montagevorrichtungen	21
3.4 Blendschirm-Kit	21
3.5 Kabel	21
3.6 AMPBOX	21
4 Betrieb und Messung	23
4.1 Datenerfassung	23
4.2 Hauptkomponenten der CMP und CMA Radiometer	23
4.2.1 Glasdome	25
4.2.2 Detektorelement	25
4.2.3 Gehäuse	25
4.2.4 Trocknungspatrone	26
4.2.5 Kabel und Stecker	26

5	Wartung und Rekalibrierung	27
5.1	Tägliche Wartung	27
5.2	Monatliche Wartung	27
5.3	Jährliche Wartung	27
5.4	Kalibrierung	27
5.4.1	Kalibrierprinzip	28
5.4.2	Rückführbarkeit der Kalibrierung auf die WRR	28
6	Spezifikationen	29
6.1	Optisch und elektrisch	29
6.2	Abmessungen und Gewicht	29
7	Störungsbeseitigung	31
7.1	Kein oder unrichtiges Ausgangssignal	31
7.2	Häufig gestellte Fragen	31
8	Kundendienst	33
9	Glossar	35
Anhang A. Physikalische Eigenschaften		37
A.1	Spektralbereich	37
A.2	Empfindlichkeit	37
A.3	Ansprechzeit	37
A.4	Impedanz	37
A.5	Nichtlinearität	37
A.6	Temperaturabhängigkeit	38
A.7	Neigungsfehler	38
A.8	Nulloffset Typ "A"	38
A.9	Nulloffset Typ "B"	39
A.10	Betriebstemperaturbereich	39
A.11	Sichtfeld	39
A.12	Richtungsverhalten	39
A.13	Maximale Strahlungsaufnahme	39
A.14	Stabilitätsabweichung	39
A.15	Spektrale Selektivität	40
A.16	Umwelt	40
A.17	Messunsicherheit	40
Anhang B. Klassifizierung nach ISO 9060:1990(E)		41
Anhang C. 10 kΩ Thermistorspezifikationen		43
Anhang D. Pt-100 Spezifikationen		45

1. Einführung

An verschiedenen Stellen des Textes ist das obenstehende Zeichen als Sicherheitshinweis für den Benutzer eingefügt.



Warnung vor Umständen, die physische oder materielle Schäden verursachen oder die einwandfreie Funktion von Gerätschaften beeinträchtigen können.

Note Nützliche Information für den Anwender

1.1 Produktübersicht

Pyranometer sind die nach ISO 9060:1990 und den Vorgaben der WMO (World Meteorological Organisation) designierten Instrumente zur Messung der globalen oder diffusen Solarstrahlung über einen Wellenlängenbereich von 0.3 bis 3 μm (300 bis 3000 nm). Jedes Pyranometer der CMP- / CMA-Serie entspricht jeweils einer der Klassen, die durch internationale Standards vorgegeben sind.

Die auf eine Oberfläche auftreffende Albedo ist die von dieser Oberfläche diffus reflektierte, kurzwellige Sonnenstrahlung im Bereich 300 bis 3000 nm. Sie ist das Verhältnis von reflektierter Strahlung zu ankommender Strahlung und variiert von 0 (dunkel) bis 1 (grell). Z. B. ist die Albedo für Gras ca. 0.15, für trockenen Sand ca. 0.5 und die für frischen Schnee ca. 0.8.

Die Albedometer der CMA-Serie bestehen aus jeweils zwei Pyranometern. Das obere Gerät mißt die ankommende Globalstrahlung und das untere mißt die von der Oberfläche darunter reflektierte Strahlung. Nach Umrechnung beider Ausgangssignale in W/m^2 kann die Albedo sehr leicht errechnet werden.

Diese Bedienungsanleitung zusammen mit den Kurzanleitungen erläutert die Installation, Wartung, Kalibrierung, Produktspezifikationen und Anwendung der Pyranometer der CMP-Serie und der Albedometer der CMA-Serie.

Für Rückfragen stehen die Kipp & Zonen Vertretungen vor Ort, aber auch das Customer Support Department von Kipp & Zonen per e-mail: support@kippzonen.com zur Verfügung.

Weitere Informationen finden sich auch auf den Internetseiten www.kippzonen.com / www.rg-messtechnik.de.

1.1.1 Pyranometer und Albedometer

Bei den Instrumenten der CMP-Serie handelt es sich um hochwertige Geräte zur Messung der kurzwelligen Strahlung auf eine ebene Fläche (Strahlungsfluß, W/m^2), die sich aus der Direktstrahlung und der Diffusstrahlung aus der Hemisphäre über dem Instrument zusammensetzt. Die CMA-Serie mißt den Anteil eingehender Strahlung, die von der Oberfläche unter dem Albedometer reflektiert wird.

Die CMP-Serie besteht aus sechs Modellen: CMP 3, CMP 6, CMP10, CMP 11, CMP 21 und CMP 22, die CMA-Serie aus zwei Modellen, dem CMA 6 und dem CMA 11.

Die CMP-Pyranometer und CMA-Albedometer sind mit Thermosäulenelementen und Glasdomen ausgestattet, um das erforderliche Spektral- und Richtungsverhalten zu erreichen. Sie sind mit eingebauten Nivellierlibellen und die Pyranometer zusätzlich mit Nivellierfüßen versehen. Sonnenschirme mit Schnappbefestigung reduzieren die Aufheizung der Gehäuse. Die Albedometer sind mit Montagestab und Blendschirm versehen, um direkte Sonnenstrahlung auf das untere Gerät zu verhindern. Die Kontakte der wasserdichten Stecker sind vergoldet.

Die Instrumente werden standardmäßig mit hochwertigen, 10m langen Kabeln mit wasserdichtem Steckverbinder geliefert, es sind aber andere Kabellängen verfügbar. Sie können auch nur mit Gegenstecker bestellt werden, der Anwender kann dann sein eigenes Kabel anbringen.

Die CMP-Pyranometer und CMA-Albedometer benötigen keine Spannungsversorgung. Die auf den Sensorelementen auftreffende Strahlung erzeugt ein kleines, analoges Spannungsausgangssignal.

Das **CMP 3** ist kleiner und leichter als die anderen CMP Pyranometer. Es ist mit einem 64-Junction Thermoelement mit hochabsorptionsfähiger und hochsensibler Beschichtung ausgestattet, um die eingehende Strahlung zu erfassen und in ein elektrisches Signal zu wandeln. Das Sensorelement ist durch einen hochwertigen, 4 mm dicken Glasdom geschützt.

Das **CMP 6** hat ein ähnliches Sensorelement wie das CMP 3, ist aber leistungsfähiger dank seiner größeren thermischen Masse und seines doppelten Glasdomes. Dessen Glas hat eine noch bessere Transmission ultravioletter Strahlung als das des CMP 3 Doms. Die beiden konzentrischen Dome mit 2 mm Dicke reduzieren den Richtungsfehler und verbessern die thermale Isolation. Die radiometrische Nivellierung ist genauer und das CMP 6 hat eine Trocknungspatrone mit austauschbarem Trocknungsmittel.

Das **CMP10 und das CMP 11** sind mit 32-Junction Thermoelementen ausgestattet, für eine kürzere Ansprechzeit, bessere Linearität und einen breiteren Meßbereich als das CMP 3 und das CMP 6. Beide haben eine eingebaute Temperaturkompensation. Das CMP10 hat eine interne Trocknungspatrone, die 10 Jahre hält, beim CMP 11 ist sie herausnehmbar. Beide Geräte können optional mit 10K Thermistor bestellt werden.

Das **CMP 21** gleicht dem CMP 11, ist aber mit einer individuell optimierten Temperaturkompensation versehen. Ein integrierter Thermistor überwacht die Gehäusetemperatur. Jedes CMP 21 wird mit seinen individuellen Prüfdaten zur Temperaturabhängigkeit und Richtungs- (Kosinus-) Verhalten ausgeliefert, damit der Anwender seine Meßdaten entsprechend auswerten kann. Anstelle des Standard 10K Thermistors kann optional auch ein Pt-100 Temperatursensor bestellt werden.

Das **CMP 22** verfügt über alle Eigenschaften des CMP 21, ist aber mit hochwertigen 4 mm Quarzdomen versehen, die einen größeren Spektralbereich, ein besseres Richtungsverhalten und geringere thermische Abweichungen gewährleisten. Aufgrund der hohen optischen Qualität und des Brechungsindex seiner Quarzdomen reduziert sich der Richtungsfehler erheblich.

Das **CMA 6** ist ein Albedometer bestehend aus zwei CMP 6 Sensorelementen und Glasdomen in einem einzigen Gehäuse mit zwei Signalausgängen auf einer Signalleitung.

Das **CMA 11** besteht aus zwei CMP 11 Sensorelementen und verfügt wie das CMP 11 gegenüber dem CMP 6 über bessere Spezifikationen als das CMA 6.

1.1.2 Internationale Standards

Das **CMP 3** übertrifft die Anforderungen der ISO9060:1990 für ein Second Class Pyranometer.

CMP 6 und **CMA 6** entsprechen den Anforderungen der ISO 9060:1990 für First Class Pyranometer.

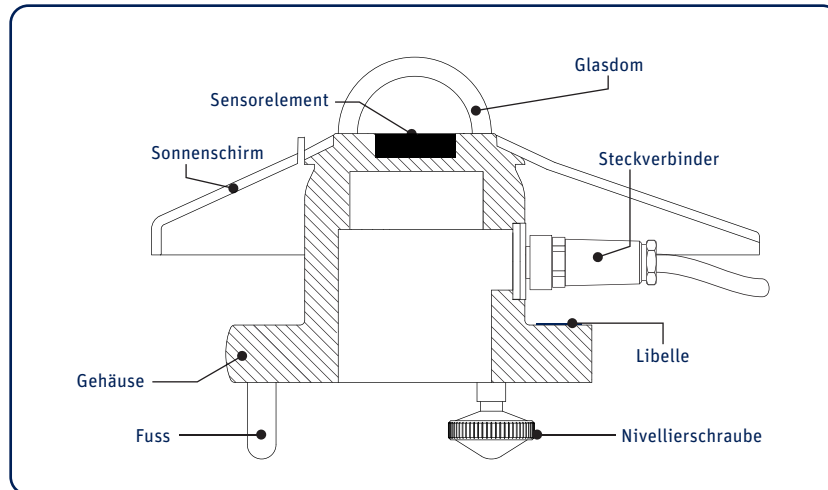
CMP10, CMP 11 und **CMA 11** entsprechen den Anforderungen der ISO 9060:1990 für Secondary Standard Pyranometer.

CMP 21 und **CMP 22** übertreffen die Anforderungen der ISO 9060:1990 für Secondary Standard Pyranometer in hohem Maße.

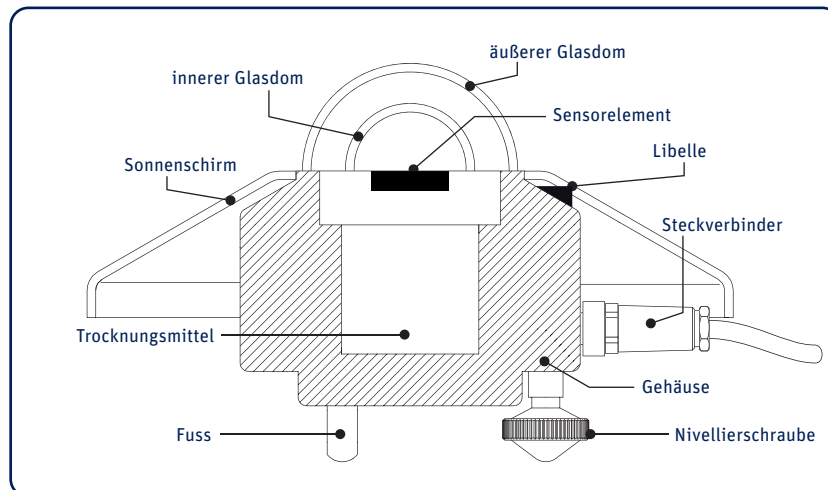
Die CMP-Pyranometer und CMA-Albedometer werden nach den Vorschriften gem. Anhang A.3 der ISO 9847 „Kalibrierung von Feld-Pyranometern durch den Vergleich mit einem Referenzpyranometer“ kalibriert. Anhang A.3 bezieht sich auf „Kalibriereinrichtungen mit künstlicher Lichtquelle“. Die Kalibrierungen sind rückführbar auf die „weltradiometrische Referenz“ (WRR) in Davos, Schweiz.

Die CMP-Pyranometer entsprechen der IEC 60904-1 „Photovoltaische Geräte – Teil 1: Messung photovoltaischer Strom-Spannungs-Charakteristika“.

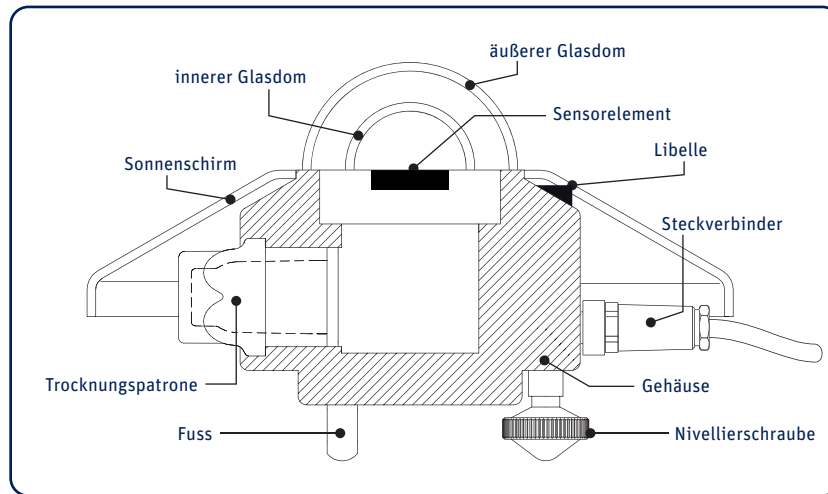
1.2 Das Pyranometer CMP 3



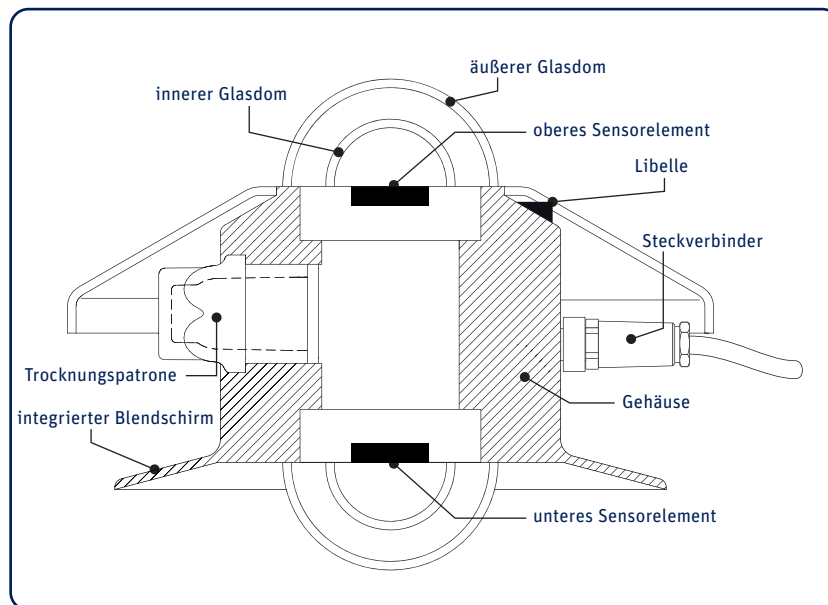
1.3 Das Pyranometer CMP10



1.4 Die Pyranometer CMP 6, CMP 11, CMP 21 und CMP 22



1.5 Die Albedometer CMA 6 und CMA 11



2. Installation

Bitte befolgen Sie unbedingt die Anweisungen in dieser Bedienungsanleitung und den Kurzanleitungen für die korrekte mechanische und elektrische Installation der CMP- und CMA-Radiometer.

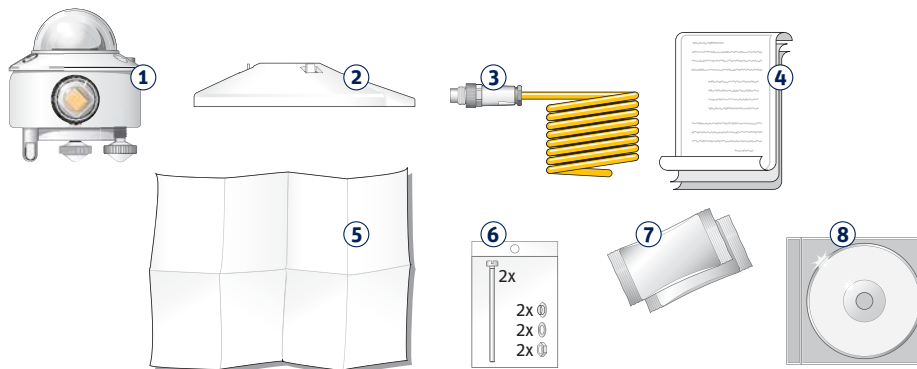
2.1 Lieferumfang

Überprüfen Sie, ob die Lieferung komplett ist (siehe unten) und dokumentieren Sie eventuelle Transportschäden. Sollte ein Transportschaden vorliegen, muß dieser unverzüglich dem Transporteur gemeldet werden. Sollte die Lieferung nicht komplett sein, kontaktieren Sie bitte Ihren Lieferanten.

Obwohl alle CMP- / CMA-Radiometer wetterfest und für den Einsatz unter rauen Umgebungs-Bedingungen ausgelegt sind, haben sie dennoch einige empfindliche mechanische Teile. Verwahren Sie deshalb unbedingt die Originalverpackung, um das Radiometer sicher zum Einsatzort oder zur Rekalibrierung, etc., zu transportieren.

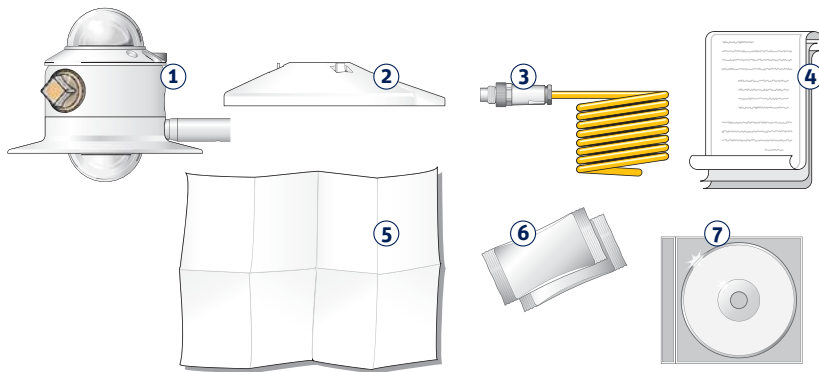
Lieferumfang bei den CMP-Pyranometern:

- ① Pyranometer
- ② weißer Sonnenschirm
- ③ Kabel mit Steckverbinder (2-, 4- oder 8-polig) oder nur Steckverbinder für kundeneigene Kabel
- ④ Kalibrierzertifikat (beim CMP 21 und CMP 22 mit Temperatur- und Richtungskurve)
- ⑤ Kurzanleitung
- ⑥ Befestigungsmaterial
- ⑦ 2 Päckchen Trocknungsmittel (außer bei CMP 3) und (bei CMP10, dessen Trocknungsmittel hält 10 Jahre und wird bei der Herstellerkalibrierung automatisch erneuert)
- ⑧ CD-ROM mit Produktdokumentation



Lieferumfang bei den CMA-Albedometern:

- ① Albedometer mit Montagestab
- ② weißer Sonnenschirm
- ③ Kabel mit Steckverbinder (4-polig) oder nur Steckverbinder für kundeneigene Kabel
- ④ Kalibrierzertifikat
- ⑤ Kurzanleitung
- ⑥ 2 Päckchen Trocknungsmittel
- ⑦ CD-ROM mit Produktdokumentation



2.2 Benötigtes Werkzeug

Um das Pyranometer auf einen Untergrund zu montieren, werden ein 4 mm Inbusschlüssel (M5 Zylinderschraube) und ein 8 mm Gabelschlüssel (M5 Mutter) benötigt. Das Werkzeug für die Montage der CMA-Albedometer hängt davon ab, wie der Montagestab an einen Mast oder eine Wand angebracht werden soll (Befestigungen hierfür sind im Lieferumfang nicht enthalten). Die Trocknungspatrone sollte normalerweise nur handfest eingeschraubt werden, aber um sie loszuschrauben, kann ein 16 mm oder 5/8" Gabelschlüssel verwendet werden.

2.3 Örtlichkeit und Unterstützung

Die Kurzanleitungen enthalten alle grundlegenden Informationen für die korrekte Installation der Radiometer. Weitere Details für spezifische Installations- und Anwendungsformen finden Sie nachfolgend.

Überprüfen Sie den Zustand des Trocknungsmittels und erneuern Sie es gegebenenfalls vor der Installation des Gerätes (z. B. wenn das Gerät vorher lange gelagert wurde). Dies betrifft nicht das CMP 3. Beim CMP10 hält das interne Trocknungsmittel bis zu 10 Jahre nach der Kalibrierung (steht auch auf dem Geräteaufkleber und im Kalibrierzertifikat).

2.4 Installation zur Messung der Globalstrahlung

Die nachfolgenden Informationen sollten für den optimalen Einsatz des Instrumentes unbedingt beachtet werden.

2.4.1 Installationsort

Idealerweise sollten sich am Einsatzort des Pyranometers über dem Sensorelement keine Sichthindernisse befinden. Wenn dies nicht möglich ist, sollte der Standort so gewählt werden, daß sich Sichthindernisse über dem Azimutbereich zwischen Sonnenaufgang nach der kürzesten Nacht und dem Sonnenuntergang am längsten Tag nicht mehr als 5° erheben (der sich abzeichnende Sonnendurchmesser ist 0.5°).

Dies ist für die genaue Messung der Direktstrahlung äußerst wichtig. Die diffuse (Solar-) Strahlung ist durch Sichthindernisse in Horizontnähe weniger betroffen. Zum Beispiel mindert ein Sichthindernis mit einer Erhebung von 5° über den gesamten Azimutbereich von 360° die nach unten gerichtete Diffusstrahlung lediglich um 0,8%.

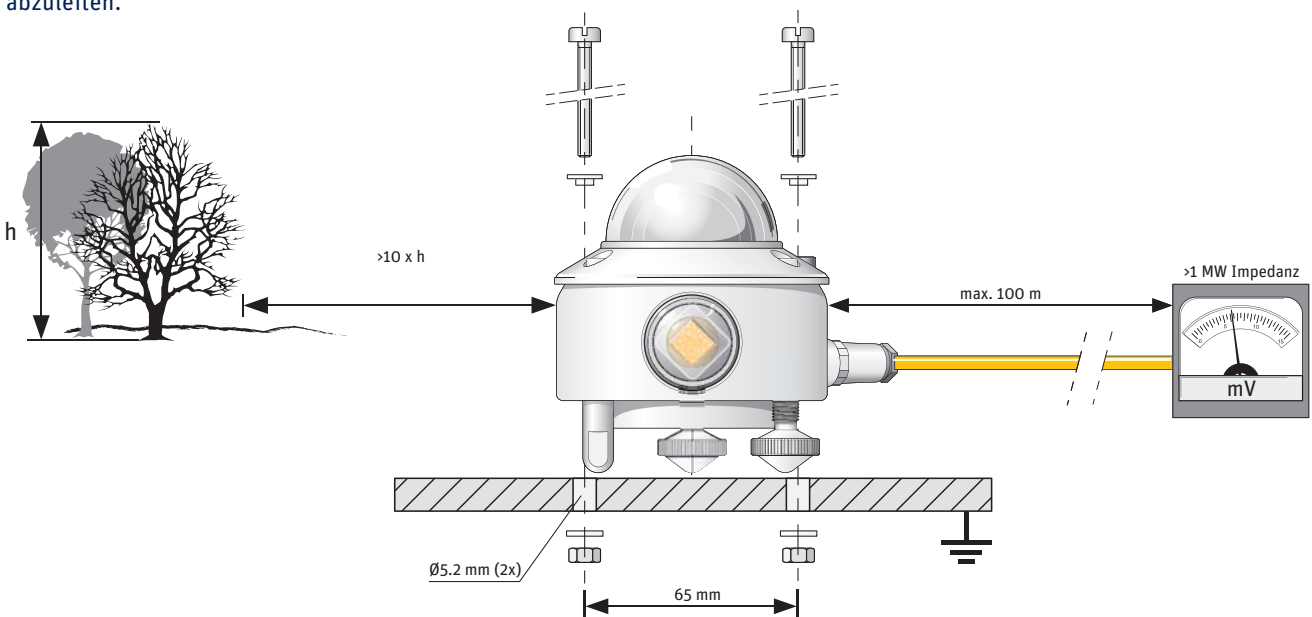
Es ist offensichtlich, daß ein Radiometer so installiert werden sollte, daß zu keiner Zeit ein Schatten darauf fällt (z. B. durch Masten). Es ist zu beachten, daß heiße Abgase (über 100 °C) eine Strahlung produzieren, die im Spektralbereich des Radiometers liegt und somit Meßabweichungen verursachen kann. Das Radiometer sollte nicht vor hellen Wänden oder anderen, das Sonnenlicht reflektierenden oder kurzwellige Strahlung abgebenden Objekten aufgebaut werden.

Das Radiometer sollte für die Reinigung des äußeren Glasdomes und zur Überprüfung seiner Ausrichtung und des Trocknungsmittels zu jeder Zeit frei zugänglich sein.

2.4.2 Montage

Das CMP-Pyranometer ist mit zwei Bohrungen für 5 mm Schrauben versehen. Zwei Schrauben aus rostfreiem Stahl, zwei Unterlegscheiben, zwei Muttern und zwei Isolierringe aus Nylon werden mitgeliefert (außer beim CMP 3). Das Pyranometer sollte zunächst lose auf einen stabilen Untergrund geschraubt werden (siehe Abb.) Die Nylonringe sind wichtig, sie sollen die Korrosion zwischen den Stahlschrauben und dem Pyranometergehäuse (Aluminium) verhindern (beim CMP 3 ist dies wegen des breiten Unterteiles nicht erforderlich - siehe Bild).

Die Temperatur der Montagevorrichtung kann über einen weiteren Bereich variieren als die umgebende Lufttemperatur. Temperaturschwankungen des Pyranometerkörpers können Signalabweichungen verursachen. Es empfiehlt sich daher, das Pyranometer thermal von der Montagevorrichtung zu isolieren, indem man das Gerät auf seinen Fuß und die Nivellierschrauben stellt. Hierbei sollte jedoch eine Erdung bestehenbleiben, um durch Blitze verursachte Spannungen in der Kabelabschirmung abzuleiten.



Hinweis Bei einer Reinstallation (z. B. nach der Rekalibrierung) darauf achten, daß die Nylonringe wieder angebracht werden.

CMA Albedometer sind mit einem Montagstab versehen, der auf der Oberseite flach und hiermit an der horizontalen Achse des Radiometers ausgerichtet ist. Er hat einen Durchmesser von 16 mm und ragt ca. 300 mm über den Sonnenschirm hinaus. Die Montagevorrichtung CMB 1 kann zur Befestigung des Montagestabes an einem Mast, einer Stange oder einer Wand verwendet werden. S. a. die Beschreibung in Kapitel 2.6 und 2.7 - Messung der reflektierten Strahlung und Albedo.

Für das CMP 3 gibt es einen optionalen Montagstab, der am Gehäuse angeschraubt wird. Er hat einen Durchmesser von 12 mm und ist 300 mm lang und kann ebenfalls mit der CMB 1 Montagevorrichtung montiert werden.

Die Montagevorrichtungen CMF 1 und CMF 4 für unventilierte und ventilierte CMP-Pyranometer haben ähnliche Montagestäbe und können ebenfalls mit der CMB 1 montiert werden.

2.4.3 Ausrichtung

Prinzipiell ist keine spezielle Ausrichtung des Gerätes notwendig. Die "World Meteorological Organization" empfiehlt jedoch, daß die Signalleitung zum nächstgelegenen Pol ausgerichtet wird, um eine eventuelle Erhitzung elektrischer Komponenten zu vermeiden. Des Weiteren sollten Montagestangen oder andere Befestigungskomponenten zu keiner Zeit Schatten auf das Instrument werfen.

2.4.4 Nivellierung

Für eine genaue Messung der Globalstrahlung ist die exakte Ausrichtung der Thermosäulenoberfläche notwendig. Die Nivellierschrauben müssen so lange gedreht werden, bis sich die Luftblase der Libelle genau in der Markierung (dem Ring) befindet. Am besten beginnt man mit der Nivellierschraube, die sich der Libelle am nächsten befindet.

Hinweis Idealerweise sollte sich die Luftblase genau in der Mitte des Ringes befinden, das Pyranometer ist aber immer noch innerhalb der spezifizierten Genauigkeit, wenn die Luftblase wenigstens zur Hälfte im Ring ist.

2.4.5 Befestigung

Letztlich sollte dann das Pyranometer mittels der zwei rostfreien Schrauben, und beim Albedometer der Montagstab, fixiert werden. Hierbei ist darauf zu achten, daß die Geräte immer ihre korrekte Ausrichtung beibehalten.

2.4.6 Anschließen des Kabels

Der Stecker muß richtig herum in die Gehäusebuchse platziert werden - bitte den Verpolungsschutz beachten - dann den äußeren Arretier-Ring nur hand-fest andrehen. Achtung: zu festes Andrehen kann die Dichtung beschädigen! Das Kabel dann so befestigen, daß es sich nicht im Wind bewegen kann oder einen Schatten auf das Radiometer wirft.

Hinweis Das Kabel sollte so unter dem Instrument angebracht werden, daß Wasser daran ablaufen kann anstatt entlang des Kabels bis zum Stecker zurückzufließen.

2.4.7 Anbringen des Sonnenschirms

Zuletzt den Sonnenschirm aufstecken, um eine zu große Aufheizung des Radiometergehäuses zu verhindern. Eine Aussparung oben am Schirm ermöglicht die Einsicht auf die Nivellierlibelle und die "Nase" am Schirm dient zum Schutz des Steckers.

2.5 Installation zur Messung der Globalstrahlung auf geneigte Oberflächen

Wird ein Pyranometer auf eine große, geneigte Fläche montiert, kann deren Temperatur erheblich über die der umgebenden Luft ansteigen (mehr als 10 °C). Die Meßgenauigkeit des Pyranometers wird deshalb erheblich verbessert, wenn man es durch seine Füße thermal von der Oberfläche isoliert. Dies fördert das thermale Gleichgewicht zwischen Gerätedom(en) und Gehäuse und verringert die Null-Offsets. Es empfiehlt sich, die Gerätefüße (Nivellierschrauben) auf einer ebenen Fläche vorzujustieren, damit das Radiometer dann leichter parallel zur geneigten Oberfläche angebracht werden kann.

Für die exakte und sichere Anbringung eines Radiometers in einem Neigungswinkel auf einer Oberfläche gibt es eine winkelverstellbare Befestigungsvorrichtung (siehe Zubehör in Kapitel 3).

2.6 Installation zur Messung der reflektierten Strahlung

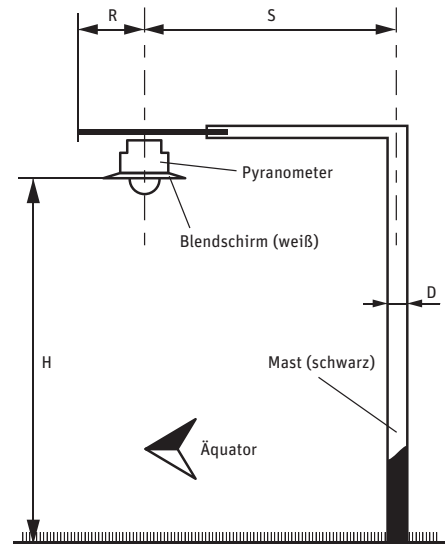
In umgekehrter Position mißt das Pyranometer die reflektierte Globalstrahlung. Die beste Montagehöhe hierfür über einer Oberfläche (H) hängt von deren Beschaffenheit ab. Die WMO empfiehlt eine Höhe von 1 bis 2 m über einer Oberfläche mit gleichmäßig kurzem Gras.

Die Montagevorrichtung sollte das Sichtfeld des Pyranometers nicht zu sehr stören. Die Montageplatte über dem Pyranometer verhindert die Aufheizung des Gehäuses durch einfallende Strahlung. Es können die Montagevorrichtungen CMF 1 und CMF 4 verwendet werden. Der optionale Blendschirm hat einen Winkel von 5° und dient dazu, direkte Einstrahlung auf den Glasdom bei Sonnenauf- und untergang zu verhindern. Dieser Schirm paßt jedoch nicht auf das CMP 3.

Die Auswirkung der durch thermische Effekte im Pyranometer abweichenden Signale auf die Messung reflektierter Strahlung wird durch das niedrige Strahlungsniveau vervielfacht.

Der Mast in der Abbildung fängt den Bruchteil $D/2\pi S$, der von der Erdoberfläche reflektierten Strahlung ab. Im ungünstigsten Fall (Sonne im Zenit) vermindert der Pyranometerschatten das Signal um den Faktor R^2/H^2 .

Als Faustregel: ein schwarzer Schatten unter dem Pyranometer mit einem Radius von $0.1 \times H$ vermindert das Signal um 1 %, und 99 % des Signales kommen aus einem Bereich mit Radius $10 \times H$.



2.7 Installation zur Messung der Albedo

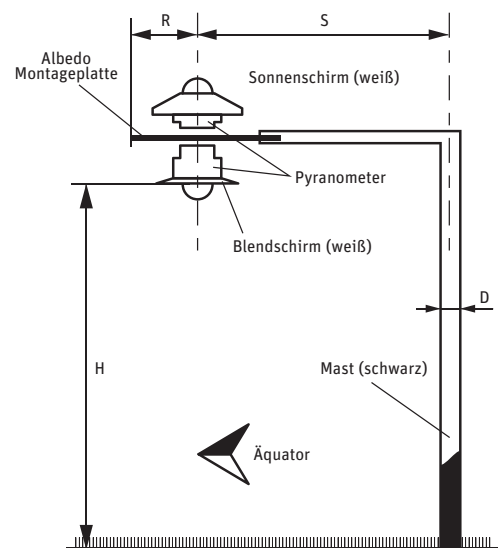
Ein Albedometer besteht aus zwei identischen Pyranometern, die die einfallende und die von der darunterliegenden Oberfläche reflektierte Strahlung messen. Die Albedo ist das Verhältnis beider Strahlungen und variiert von 0 (dunkel) bis 1 (hell).

Zwei CMP 3 Pyranometer können mit Hilfe des Standard-Befestigungsmaterials Rücken an Rücken montiert und der Montagestab in eines der Gehäuse geschraubt werden, dies ergibt ein Albedometer der "second class".

Für die größeren CMP-Pyranometer wird eine Montagevorrichtung benötigt. Die CMF 1 ist für unventilierte, die CMF 4 für ventilierte Geräte. Der Blendschirm ist zur Anbringung am unteren Pyranometer.

Die Anforderungen für die Installation der oberen Pyranometer sind dieselben wie die für die Installation zur Messung der Globalstrahlung, und die Anforderungen für die Installation der unteren Pyranometer dieselben wie für die Messung der reflektierten Strahlung.

Dieselben Grundlagen gelten für die Albedometer CMA 6 und CMA 11, die bereits mit einem Sonnenschirm und Blendschirm, sowie einem Montagestab versehen sind.



2.8 Installation zur Messung der Diffusstrahlung

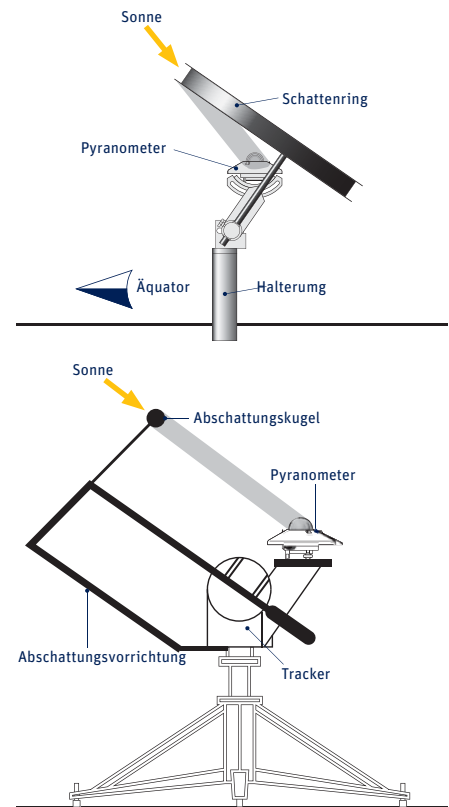
Für die Messung der Diffusstrahlung muß die Direktstrahlung auf den Pyranometerdom blockiert werden.

Ein statischer Schattenring kann die Direktstrahlung unterbrechen. Dies erfordert eine regelmäßige manuelle Nachjustierung, da die Sonne am Himmel wandert. Manchmal unterbricht der Schattenring auch einen nicht unerheblichen Teil der Diffusstrahlung. Deshalb ist eine Nachbearbeitung der erfaßten Daten unerlässlich.

Der Universal-Schattenring von Kipp & Zonen, der CM 121, ist für den Einsatz auf sämtlichen Längengraden geeignet.

Die Alternative zum Schattenring ist ein automatischer zweiachsiger Tracker, wie der Kipp & Zonen SOLYS 2. Der Tracker verwendet die Information über seinen Standort und die Uhrzeit, um die Position der Sonne auszurechnen und sich so bei jedem Wetter exakt auszurichten.

Der Tracker kann zusätzlich mit einer Abschattungsvorrichtung versehen werden, deren Abschattungskugel dann das Jahr über den Pyranometerdom beschattet, ohne nachjustiert werden zu müssen.



2.9 Elektrische Anschlüsse

Die CMP-Pyranometer und CMA-Albedometer werden standardmäßig mit 10 m 2-, 4- oder 8-poligem gelbem Kabel mit wasserfestem Steckverbinder und Abschirmung in schwarzer Hülse geliefert. Optional sind Kabel mit 25 m und 50 m Länge erhältlich, Kabel mit 100 m Länge müssen angefragt werden. Die Pin-Belegungen sind untenstehend und auch in den Kurzanleitungen zu finden.

Hinweis Wird ein Kabel länger als 50 m benötigt, empfiehlt sich die Verwendung des 4-20 mA Signalverstärkers AMPBOX.

2.9.1 Pyranometeranschlüsse

Die Pyranometer CMP 3, CMP 6, CMP10 und CMP 11 verfügen über ein zweiadriges, abgeschirmtes Kabel mit 2-Pin Stecker (CMP10 und CMP 11 mit Temperatursensor 10K Thermistor verfügen über ein 4-adriges mit 4-Pin Stecker). Das CMP 21 und CMP 22 sind ebenfalls mit 4-adrigem Kabel mit 4-pin Stecker versehen, wobei die 2 extra Adern für das 10K Thermistorsignal vorgesehen sind. Wenn CMP 21 und CMP 22 mit optionalem Pt-100 Temperatursensor ausgestattet sind, verfügen sie über ein 8-adriges Kabel mit 8-pin Stecker, wobei zwei der Adern ohne Funktion sind.

STRAHLUNGSSIGNAL		
Draht	Funktion	Anschluß an
1 Rot	+	+ (Hi)
2 Blau	-	- (Lo)
Abschirmung	Gehäuse	↓ Erdung

Thermistor (CMP 21, CMP 22, option für CMP10, CMP 11)			
3		Grün	Thermistor
4		Gelb	
Pt-100 (Optional für CMP 21 und CMP 22)			
4		Gelb	Kombiniert
6		Braun	
3		Grün	Kombiniert
5		Grau	

2.9.2 Albedometeranschlüsse

CMA 6 und CMA 11 sind mit 4-adrigem, abgeschirmtem Kabel und 4-pin Stecker versehen.

STRAHLUNGSSIGNAL		
Draht	Funktion	Anschluß an
1 Rot	Oberer	+ (Hi)
2 Blau		- (Lo)
3 Grün	Unterer	+ (Hi)
4 Gelb		- (Lo)
Abschirmung	Gehäuse	⚡ Erdung

2.9.3 Erdung



Die Abschirmung des Kabels ist über den Steckverbinder mit dem Aluminiumgehäuse des Gerätes verbunden. Vorzugsweise sollte das Pyranometer mit seinen Nivellierschrauben und dem Fuß auf einer metallenen Basis mit guter Erdung (z. B. durch einen Blitzableiter) fixiert und die Kabelabschirmung nirgends angeschlossen werden.



Ist keine solche Erdung des Pyranometers möglich, sollte die Kabelabschirmung an die Erdung des Ausleseinstrumentes angeschlossen werden. Blitzschlag kann eine Hochspannung in die Abschirmung induzieren, diese wird dann aber über das Pyranometer oder Auslesegerät abgeleitet.

2.9.4 Strahlungssignalausgang

Die Radiometer erzeugen ein kleines, analoges Spannungsausgangssignal. Jedes Radiometer (jede "Hälfte" des Albedometers) verfügt über seine eigene individuelle Sensitivität, die auf dem Geräteaufkleber und im Kalibrierzertifikat zu finden ist.

Diese Sensitivität bewegt sich im Bereich von 5 bis 20 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$.

Um Änderungen der Einstrahlung selbst von nur 1 W/m^2 genau messen zu können, sollte die Messungsunsicherheit (Fehler) am Eingang des Datenloggers oder Datenerfassungssystems 5 μV oder noch weniger, inklusive Rauschen, Offsets, Auflösung, Temperatureffekte, etc., betragen.

Die maximale Einstrahlung von natürlichem Sonnenlicht ist selten höher als 1500 W/m^2 .

Der Signalausgang kann an einen single-ended oder differentiellen Meßeingang angeschlossen werden.

Hinweis Die Eingangsimpedanz des Auswerteinstrumentes sollte $> 1 \text{ M}\Omega$ sein.

Hinweis Das Ausgangssignal kann bei Nacht negativ sein, dies ist normal und kein Defekt. (s. a. Sektion 7.2).

2.9.5 Temperatursignalausgang

CMP 21 und CMP 22 (CMP10 und CMP 11 optional) sind mit einem Temperatursensor nahe der Kaltstelle des Sensorelementes ausgestattet. Die Aufzeichnung dieses Signals erlaubt die Nachbearbeitung der Messdaten wegen der Auswirkungen von Temperaturveränderungen, die vom internen Schaltkreis nicht ausgeglichen werden. Das individuelle Temperaturverhalten des CMP 21 und CMP 22 werden auf dem Kalibrierzertifikat dokumentiert.

Die Umrechnungstabelle von Widerstand auf Temperatur für den Standard-10k Ω Thermistor befindet sich im Anhang C und die für den optionalen Pt-100 Temperatursensor im Anhang D.

3. Zubehör

Nachfolgend eine kurze Beschreibung des für die Pyranometer der CMP-Serie verfügbaren Zubehörs. Detaillierte Informationen gibt es auf unserer Internetseite, wo sämtliche Broschüren und Anleitungen angesehen und heruntergeladen werden können. Einziges für die Albedometer der CMA-Serie verfügbares Zubehör sind die Montagevorrichtung CMB1 und der 4 bis 20 mA Signalverstärker AMPBOX (wird für Albedometer zweimal benötigt).

3.1 Messung der Diffusstrahlung

Für die Messung der Diffusstrahlung wird eine Abschattungsvorrichtung benötigt. Hierfür gibt es von Kipp & Zonen für die CMP-Pyranometer verschiedene Optionen:

Schattenring CM 121B für das CMP 3, CMP 6, CMP10, CMP 11, CMP 21 or CMP 22 ohne Ventilation

Schattenring CM 121C für das CMP 6, CMP10, CMP 11, CMP 21 or CMP 22 mit Ventilation

Der Schattenring muß alle 3 bis 5 Tage manuell nachgestellt und entsprechende Korrekturen vorgenommen werden für den Teil des Himmels, der vom Schattenring blockiert wird.

Diese Messung der Diffusstrahlung kann auch mittels eines Tracking Systems mit Abschattungsvorrichtung vollautomatisch erfolgen:

ZAP Tracking System + Abschattungsvorrichtung

SOLYS 2 Tracking System + Abschattungsvorrichtung

SOLYS 2 GD Tracking System + Abschattungsvorrichtung

3.2 Ventilation

Um die Messgenauigkeit der Pyranometer CMP 6, CMP10, CMP 11, CMP 21 oder CMP 22 noch zu verbessern, kann die Ventilationseinheit CVF4 eingesetzt werden. Die CVF4 arbeitet mit 12 VDC, hat einen Tachoausgang für die Überwachung der Lüftergeschwindigkeit und verfügt sowohl über 5 Watt, wie auch 10 Watt Heizung.

Die Vorteile hierdurch sind:

Geringere thermale Offsets

Kein Niederschlag und weniger Schmutz auf den Domen

Frost, Schnee oder Eis schmelzen ab und

die Dome müssen weniger oft gereinigt werden

Allerdings gibt es für das Pyranometer CMP 3 und die Albedometer CMA 6 und CMA 11 keine Ventilationseinheit.

3.3 Montagevorrichtungen

Für die Montage von Pyranometern gibt es folgende Vorrichtungen:

Ein Montagestab für das CMP 3

CMF 1 Montagevorrichtung mit Stab für ein oder zwei CMP 6, CMP10, CMP 11, CMP 21 oder CMP 22 ohne CVF4

CMF 4 Montagevorrichtung mit Stab für ein oder zwei CMP 6, CMP10, CMP 11, CMP 21 oder CMP 22 mit CVF4

CMB 1 Halterung zur Anbringung der jeweiligen Montagestäbe an eine Stange, einen Mast oder eine Wand

Die winkelverstellbare Montagevorrichtung erlaubt die Neigung eines CMP Pyranometers (z. B. in demselben Winkel wie PV Module). Hierfür ist sie mit einer Einstellskala versehen.

3.4 Blendschirm-Kit

Wird ein CMP 6, CMP10, CMP 11, CMP 21 oder CMP 22 Pyranometer nach unten gerichtet zur Messung der reflektierten Strahlung montiert, sollte es mit einem Blendschirm versehen werden. Der Schirm blockiert die Strahlung aus dem 5° Bereich unter dem Horizont des Pyranometers. Dies verhindert die direkte Einstrahlung auf den Dom bei Sonnenauf- und Sonnenuntergang. CMA-Albedometer sind bereits mit Blendschirmen versehen.

3.5 Kabel

Die Geräte sind standardmäßig mit 10 m steckbarem Kabel versehen. Längere Kabel oder nur der Steckverbinder für die Ergänzung mit kundeneigenem Kabel sind optional ebenfalls erhältlich.

- 10 m Kabel mit Steckverbinder (ist Standard)
- 25 m Kabel mit Steckverbinder
- 50 m Kabel mit Steckverbinder
- Steckverbinder ohne Kabel
- 100 m Kabel mit Steckverbinder (auf Anfrage)

Hinweis 100 m ist die maximale Kabellänge, bei der die Radiometerempfindlichkeit oder andere Charakteristika nicht beeinflusst werden.

3.6 AMPBOX

Für Kunden, die einen Industriestandard-Ausgang benötigen oder längere Kabel verwenden möchten, gibt es den Meßverstärker AMPBOX zur Wandlung des kleinen Radiometer-Ausgangssignales in ein 4 bis 20 mA Stromsignal. Für die CMA-Albedometer wird sie zweimal benötigt.

Wird die AMPBOX in Verbindung mit einem neuen Pyranometer oder Albedometer bestellt, wird sie entsprechend eingestellt bzw. angepaßt, d. h. daß der 4 bis 20 mA Ausgang der Ampbox dem 0 bis 1600 W/m² Ausgang des Sensors entspricht.

4. Funktionsweise und Messung

Um zu messen, benötigen die Pyranometer der CMP-Serie und Albedometer der CMA-Serie lediglich eine geeignete Strahlungsquelle (Licht), d. h. sie brauchen keine Spannungsversorgung(!). Sie sollten aber an ein Auswertegerät oder einen Datenlogger angeschlossen werden, um die Messungen zu dokumentieren, sie selbst haben keinen internen Datenspeicher.

4.1 Datenerfassung

Optimal ist ein Erfassungsintervall von einer Sekunde und eine Datenspeicherung jede Minute. Die richtige Zusammenstellung von Radiometer und Datenerfassungsgerät ist in der Bedienungsanleitung des Datenerfassungsgerätes beschrieben.

Der Ausgangsbereich des Pyranometers und der Eingangsbereich des Datenerfassungsgerätes müssen für eine maximale Auflösung und Minimierung von Störsignalen sorgfältigst angepaßt werden.

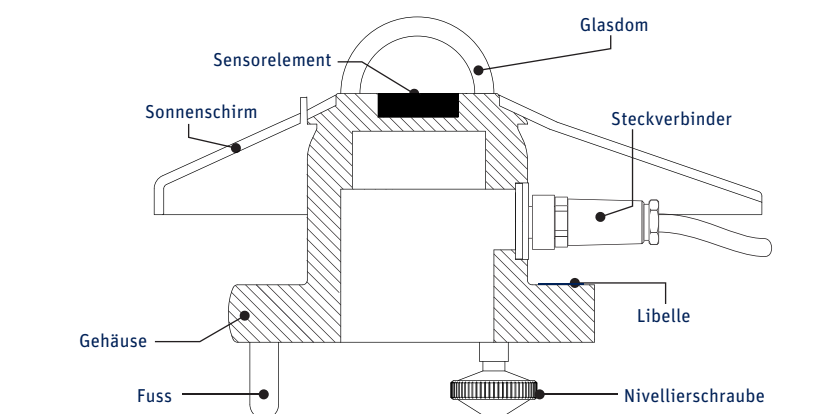
Hierzu nimmt man am besten den maximalen zu erwartenden Ausgang des Pyranometers und den minimalsten Eingangsbereich des Auswertegerätes, der das Signal noch verarbeiten kann. S. a. Abschnitt 2.9.4.

4.2 Hauptkomponenten der CMP und CMA Radiometer

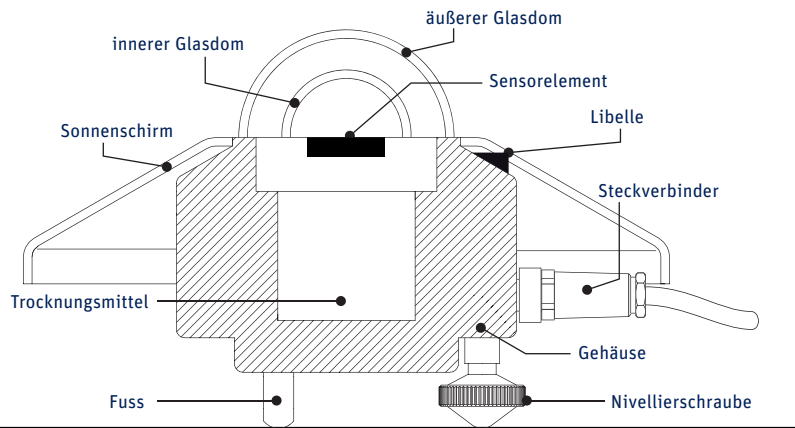
Beim Sensorelement der Radiometer handelt es sich um ein passives thermosensitives Element, der sog. Thermosäule. Obwohl die Sensorkonstruktion der verschiedenen Modelle unterschiedlich ist, ist das Funktionsprinzip bei allen Radiometern dasselbe.

Die Thermosäule reagiert auf die Gesamtenergie, die von der schwarzen, spektral nicht-selektiven Oberflächenbeschichtung, die Kipp & Zonen entwickelt hat, absorbiert wird und erwärmt sich. Die so entstehende Wärme wird durch einen Thermowiderstand an die Wärmesenke (den Pyranometerkörper) abgegeben. Die Temperaturdifferenz auf dem Thermowiderstand des Sensorelementes wird in eine zur absorbierten Solarstrahlung lineare Ausgangsspannung gewandelt.

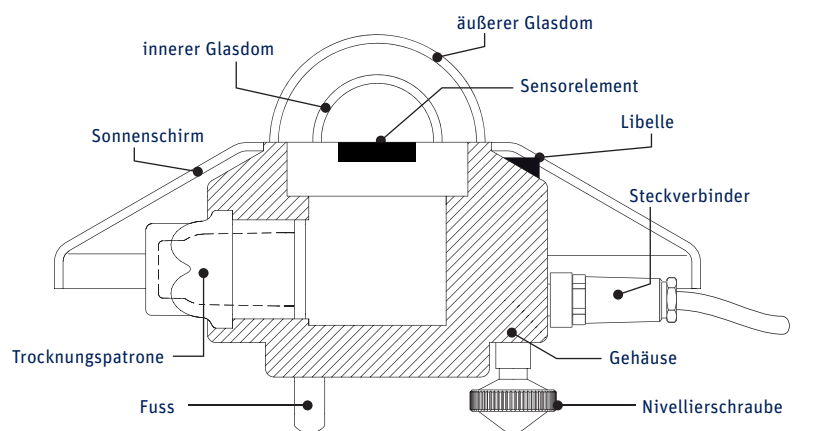
Der Temperaturanstieg wird jedoch sehr leicht durch Wind, Regen oder die Abgabe thermaler Strahlung an die Umgebung ("kalter Himmel") beeinflusst. Deshalb wird das sensible Sensorelement durch zwei Dome abgeschirmt (das Einstiegsmodell CMP 3 hat aus Größen- und Kostengründen nur einen Dom). Diese Dome erlauben eine gleichmäßige Transmittanz der Direktstrahlung bei jeder beliebigen Position der Sonne auf ihrer Bahn über dem Sensor.



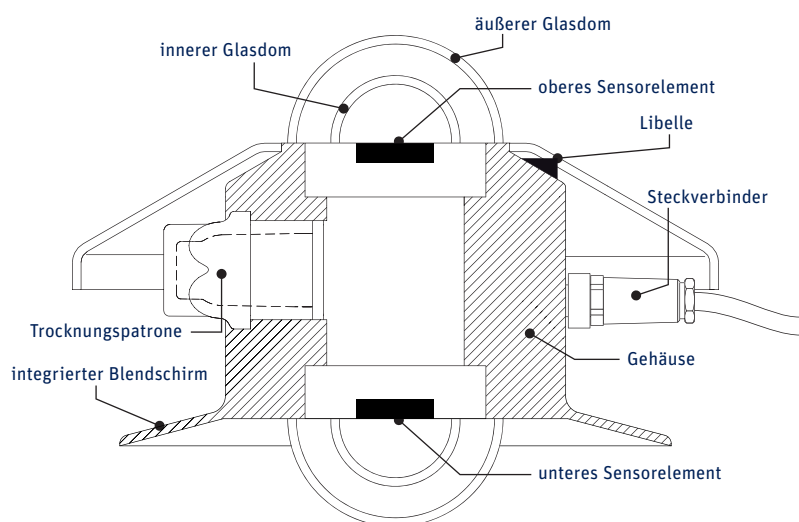
Hauptkomponenten des Pyranometers CMP 3



Hauptkomponenten des Pyranometers CMP10



Hauptkomponenten der Pyranometer CMP 6, CMP 11, CMP 21 und CMP 22



Hauptkomponenten der Albedometer CMA 6 und CMA 11

Eine Trocknungspatrone im Radiometergehäuse ist mit Silika-Gel gefüllt und verhindert, daß die Dome, die in klaren, windlosen Nächten erheblich abkühlen können, innen beschlagen. Das CMP 3 jedoch ist versiegelt und mit einer internen, nicht austauschbaren Trocknungspatrone versehen. Das CMP10 hat ein internes Trocknungsmittel, das mindestens 10 Jahre hält.

4.2.1 Glasdom(e)

Das Material des Domes eines Pyranometers bestimmt dessen Spektralbereich. Im Allgemeinen sind die Dome durchlässig für 97% bis 98% der Solarstrahlung, die dann vom Sensorelement absorbiert wird. Diese Solarstrahlung kann aus jeglicher Himmelsrichtung über dem Radiometer kommen, daher sind die Dome so beschaffen, daß Messfehler unabhängig vom jeweiligen Einfallswinkel auf ein Minimum reduziert sind.

Die CMP 3 Pyranometer haben einen einfachen, 4 mm dicken Dom aus optischem Glas. Das CMP 6, CMP10, CMP 11 und CMP 21 haben einen äußeren und einen inneren Dom, von denen jeder 2 mm dick und aus einem höherwertigen Glas mit breiterem Spektralbereich und höherer Toleranz als beim CMP 3 ist. Das CMP 22 verfügt über zwei 4 mm dicke Dome aus hochwertigem, optischem Quarz.

4.2.2 Sensorelement

Die Thermosäule besteht aus einer großen Anzahl an Doppelthermoelementen, die elektrisch seriell angeschlossen sind. Die Absorption der Thermalstrahlung durch ein Thermoelement, auch aktive oder „heiße“ Lötstelle genannt, erhöht dessen Temperatur. Die Temperaturdifferenz zwischen diesem aktiven Element, der „heißen“ Lötstelle und einem Referenzelement, einer Kaltstelle auf einem bestimmten konstanten Temperaturniveau, erzeugt eine elektromotorische Kraft, die zu der genannten Temperaturdifferenz direkt proportional ist.

Dies ist ein thermoelektrischer Effekt. Die Empfindlichkeit eines Pyranometers basiert auf den jeweiligen physikalischen Eigenschaften seiner Thermosäule und seiner Bauweise. Die Empfindlichkeit jeder Thermosäule ist einzigartig, daher hat jedes Radiometer seinen eigenen individuellen Kalibrierfaktor. Dieser Kalibrierfaktor ist im Kalibrierzertifikat und auf dem Geräteaufkleber mit der Seriennummer benannt.

Auf der Sensoroberfläche befindet sich eine einzigartige schwarze Beschichtung mit sehr rauer Oberflächenstruktur, die mehr als 97% der einfallenden Strahlung abfängt und die "heißen" Lötstellen aufheizt. Das schwarz beschichtete Sensorelement bildet die Thermosäule, deren spektrale Selektivität weniger als 2% beträgt. Dies bedeutet, daß innerhalb des Spektralbereiches des Pyranometers die Absorption für jede Wellenlänge innerhalb der 2% liegt. Im Hinblick auf die langfristige Stabilität des Instrumentes ist die schwarze Beschichtung eines der wichtigsten und auch empfindlichsten Teile eines Pyranometers. Sie gewährleistet die beste Stabilität über einen langen Zeitraum und unter allen meteorologischen Bedingungen.

4.2.3 Gehäuse

Das Instrumentengehäuse beherbergt alle wesentlichen Radiometerbestandteile. Die Komponenten aus eloxiertem Aluminium haben ein geringes Gewicht und sorgen für eine hohe mechanische und thermale Stabilität des Instrumentes. Die Befestigungsteile aus rostfreiem Stahl sind isoliert, um eine elektrolytische Korrosion zu verhindern.

Durch die ausgeklügelte mechanische Konstruktion sind alle Kipp & Zonen Pyranometer und Albedometer praktisch versiegelt und entsprechen der internationalen Schutzklasse IP 67. Die Pyranometer verfügen über einen Standfuß und zwei verstellbare Schraubfüße und können so mittels der integrierten Nivellierlibelle ausgerichtet werden. Bei allen Geräten, außer beim CMP 3, kann diese Nivellierlibelle von oben durch die Aussparung am Sonnenschirm eingesehen werden. Beim CMP 3 befindet sich die Libelle unten am Gehäuse. Der Sonnenschirm soll alle externen Teile schützen und die Aufheizung des Gehäuses reduzieren.

4.2.4 Trocknungspatrone

Beim Einstiegsmodell CMP 3 ist das Gehäuse versiegelt und die interne Trocknungspatrone ist nicht austauschbar. Wegen der Versiegelung ist es aber auch nicht reparierbar. Diese Reparierbarkeit ist der Grund, warum die Gehäuse der anderen Radiometer nicht komplett versiegelt werden können. Deshalb kann nach längerer Zeit durch Temperatur- und Druckschwankungen auch Feuchtigkeit in deren Gehäuse eingedrungen sein.

Damit das Sensorelement und die elektrischen Komponenten trocken bleiben und sich im Dom bei Temperaturschwankungen kein Kondensat bildet, wird für die Bindung der Feuchtigkeit ein selbstanzeigendes Trocknungsmittel verwendet, um die Feuchtigkeit im Radiometer aufzunehmen. Frisch ist es orange und mit zunehmender Sättigung wird es durchsichtig. Dann sollte es schnellstmöglich ersetzt werden. Jedes Radiometer wird mit zwei Ersatzpäckchen Trocknungsmittel geliefert und weiteres Trocknungsmittel kann problemlos bei den Kipp & Zonen Vertriebspartnern bezogen werden. Das CMP10 verfügt über eine spezielle Abdichtung, deshalb müsste das interne Trocknungsmittel erst nach erst nach 10 Jahren getauscht werden. Allerdings erfolgt dies automatisch im Rahmen jeder Rekalibrierung.

4.2.5 Kabel und Steckverbinder

Um die Installation oder Abnahme der Geräte, z. B. zur Rekalibrierung, zu erleichtern, sind die Radiometer der CMP / CMA Serie mit einer wasserdichten Steckerbuchse ausgestattet. Der dazugehörige wasserdichte Steckverbinder ist normalerweise an einem hochwertigen gelben, rauscharmen und UV-resistenten Kabel mit breitem Betriebstemperaturbereich angebracht.

Diese gibt es in den Längen 10 m (Standard), 25 m, 50 m und 100 m. Ebenso kann der Steckverbinder einzeln, zur Anbringung an ein kundeneigenes Kabel, bezogen werden.

5. Wartung und Rekalibrierung

Die CMP-Pyranometer und CMA-Albedometer sind wartungsarm und es werden für Ihre Instandhaltung weder besondere Werkzeuge noch Einweisungen benötigt. Es gibt auch keine Teile, die regelmäßig ersetzt werden müßten.

5.1 Tägliche Wartung

In klaren, windlosen Nächten senkt sich, aufgrund des Austausches infraroter Strahlung mit dem kalten Himmel, die Temperatur des äußeren Doms horizontal montierter Pyranometer bis hin zu dem Lufttemperaturpunkt, an dem Tau entsteht (die tatsächliche Himmelstemperatur kann bis 30 °C unter derjenigen der Erdoberfläche liegen).

Je nach Wetterlage kann sich Tau, Eisregen oder auch Raureif am äußeren Dom niederschlagen und dort in den Morgenstunden auch längere Zeit verbleiben. Eine Eisschicht auf dem Dom verursacht eine enorme Streuung der Strahlung und erhöht das Pyranometersignal drastisch bis zu 50% in den ersten Stunden nach Sonnenaufgang. Auch Schnee kann den Dom komplett bedecken.

Die Häufigkeit, mit der gereinigt werden muß, kann sehr stark von den Wetter- und Umweltbedingungen am Aufstellungsort abhängig sein, z. B. Staub, Verunreinigung der Luft, salzhaltige Luft, etc. Idealerweise sollte der Sensordom jeden Morgen vor Sonnenaufgang abgewischt werden. Die Reinigungszyklen können auch durch den Einsatz einer Ventilationseinheit (gibt es nicht für CMP 3, CMA 6 und CMA 11), deren Heizung bei Bedarf zugeschaltet werden kann, verlängert werden.

Hinweis Die Reinigung des Domes sollte immer mit einem weichen und fusselreifen, bei sehr starker Verschmutzung mit destilliertem Wasser oder Alkohol getränktem Tuch erfolgen (im Lieferumfang enthalten). Es ist darauf zu achten, daß keine Schlieren oder Rückstände auf dem Dom zurückbleiben.

5.2 Monatliche Wartung

Überprüfen Sie das Trocknungsmittel in der Trocknungspatrone. Es handelt sich um ein nichttoxisches, selbstanzeigendes Kieselgel. Wenn es gesättigt ist, hat es von orange auf farblos gewechselt - es wird transparent.

Um das Silikagel zu erneuern, schrauben Sie die Kartusche heraus. Wenn sie zu fest sitzt, kann sie mit einem 16 mm oder 5/8" Gabelschlüssel gelockert werden. Nehmen Sie den Deckel am Ende der Kartusche ab und entsorgen Sie das gesättigte Silikagel. Füllen Sie frisches Trocknungsmittel ein (kann mit Artikelnummer 2643951 nachbestellt werden), und setzen Sie den Deckel wieder drauf. Hierbei ist zu beachten, daß der Dichtring sauber ist und richtig sitzt. Wenn der Dichtring trocken ist, kann er mit etwas Vaseline eingefettet werden.

Hinweis Die Trocknungspatrone sollte nicht zu fest eingeschraubt werden, damit die Dichtung nicht gequetscht wird.

Anschließend sollten Sie die korrekte Ausrichtung des Pyranometers prüfen und ob der Sonnenschirm richtig befestigt ist.

5.3 Jährliche Wartung

Überprüfen Sie alle elektrischen Anschlüsse. Schrauben Sie das Kabel ab, reinigen Sie wenn notwendig die Stecker und Buchsen, und schrauben Sie das Kabel wieder an. Prüfen Sie das Kabel auf Beschädigungen und sehen Sie nach, ob vorhandene Halterungen, Unterbauten, o. ä. noch richtig installiert sind.

5.4 Kalibrierung

Idealerweise sollte ein Radiometer immer ein konstantes Verhältnis von Spannungsausgang zum absoluten Strahlungsniveau aufweisen. Dieses Verhältnis wird als Konstante (die Sensorempfindlichkeit) ausgedrückt. Die CMP- und CMA-Radiometer sind sehr beständige Instrumente, aber auch sie verändern sich geringfügig dadurch, daß ihr Sensorelement ständig der UV- Strahlung ausgesetzt ist. Deshalb empfehlen wir die Rekalibrierung alle zwei Jahre, die in der Regel im Kipp & Zonen Labor durchgeführt wird.

5.4.1 Kalibrierprinzip

Im Kipp & Zonen Labor werden die Pyranometer nach ISO 9847:1992 'Solar Energy - Calibration of Field Pyranometers by Comparison to a Reference Pyranometer', Annex A 'Calibration Devices using artificial Sources' kalibriert. Die Methode ist in Anhang A.3.1 beschrieben und wird in der Norm als 'Kipp & Zonen (Kalibrier-) Einrichtung und Verfahren' bezeichnet.

Diese Methode basiert auf dem Vergleich mit einem Referenz-Radiometer unter einer künstlichen Sonne mit konstanter Leistung. Kipp & Zonen verwendet eine Metallhalogenid-Dampflampe mit Spannungsstabilisation. Die Einstrahlung auf die Radiometer beträgt hier ca. 500 W/m².

Die Referenzgeräte werden regelmäßig im Freien beim Weltstrahlungszentrum (World Radiation Centre – WRC) in Davos, Schweiz, kalibriert. Natürlich unterscheidet sich der Spektralbereich der Kalibrierlampe im Labor vom Sonnenspektrum, dies hat jedoch keine Auswirkung auf die Gültigkeit der Kalibrierung, da die zu kalibrierenden Radiometer und die Referenzgeräte dieselben Charakteristika haben.

Um die Lichtstreuung durch Wände und Personen möglichst gering zu halten, werden die Radiometer von einem begrenzten, konischen Lichtstrahl angestrahlt. Das zu kalibrierende Radiometer und das Referenz-Radiometer sind Seite an Seite auf einem kleinen Tisch angebracht. Dieser Tisch kann rotieren, um die Position der beiden Radiometer zu tauschen. Die Lampe ist genau auf die Rotationsachse des Tisches ausgerichtet.

Die Geräte werden beleuchtet, und nachdem sich ihre Ausgangssignale stabilisiert haben, werden diese für einen Meßzeitraum mittels eines Datenloggers integriert. Das Lampengehäuse und die Beschirmung für den Lichtstrahl erwärmen sich und geben langwellige Infrarotstrahlung ab, die wiederum den Pyranometerdom leicht erwärmt. Dies verursacht einen geringfügigen Offset, der im Ansprechverhalten unter Beleuchtung ersichtlich wird. Um diesen Offset zu bestimmen, werden beide Radiometer zunächst abgedeckt und die Ausgangssignale, nachdem sie sich wiederum stabilisiert haben, eine Zeitlang integriert.

Dann wird die Position der Radiometer durch die Drehung des Tisches getauscht und der ganze Vorgang wiederholt.

Der neue Empfindlichkeitswert des kalibrierten Pyranometers wird durch den Vergleich mit dem Referenzgerät ermittelt und es wird ein Kalibrierzertifikat ausgestellt. Der komplette Vorgang erfolgt bei Kipp & Zonen computergesteuert.

Kipp & Zonen bietet auch eine Kalibriereinrichtung für Kunden an, die Ihre Geräte selbst nach ISO 9847, Anhang A.3.1. kalibrieren möchten. Albedometer werden zweimal kalibriert, einmal der obere und einmal der untere Sensor. Für die Montage auf den Schwenktisch gibt es einen Adapter.

5.4.2 Rückführbarkeit der Kalibrierung auf die "World Radiometric Reference" WRR

Kipp & Zonen kalibriert mit Referenz-Radiometern, die jährlich beim Weltstrahlungszentrum (WRC) in Davos im Vergleich mit der weltradiometrischen Referenz (WRR) kalibriert werden. Jedes dieser Referenzgeräte ist charakterisiert, d. h., deren Linearität, das Temperaturabhängigkeitsverhalten und das Richtungsverhalten sind genauestens verzeichnet, um die Umsetzung der Messbedingungen in Davos auf die Kalibrierbedingungen im Labor zu ermöglichen.

Kipp & Zonen hat für jeden Radiometertyp zwei Referenzgeräte. Diesel Referenzgeräte werden abwechselnd im Jahresturnus zum Weltstrahlungszentrum zur Kalibrierung geschickt, so daß es bei der Fertigung und Kalibrierung in Delft keine Unterbrechungen gibt.

Die Kalibrierzertifikate von Kipp & Zonen beinhalten eine Beschreibung der Kalibriermethode, die Daten des Referenzgerätes, die Rückführbarkeit auf die WRR und die Messunsicherheit in der Kalibrierkette von der WRR zum kalibrierten Pyranometer.

6. Spezifikationen

Kipp & Zonen behält sich das Recht vor, ohne vorherige Ankündigung Änderungen an den Produktspezifikationen oder der Produktdokumentation vorzunehmen.

6.1 Optisch und elektrisch

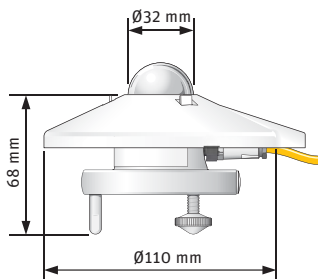
Spezifikationen	CMP 3	CMP 6	CMP10 & CMP 11	CMP 21	CMP 22
Klassifizierung nach ISO 9060:1990	Second Class	First Class	Secondary Standard	Secondary Standard	Secondary Standard
Spektralbereich (50% Punkte)	300 bis 2800 nm	285 bis 2800 nm	285 bis 2800 nm	285 bis 2800 nm	200 bis 3600 nm
Empfindlichkeit	5 bis 20 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	5 bis 20 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	7 bis 14 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	7 bis 14 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	7 bis 14 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$
Impedanz	20 bis 200 Ω	20 bis 200 Ω	10 bis 100 Ω	10 bis 100 Ω	10 bis 100 Ω
Signalausgang (0 bis 1500 W/m^2)	0 bis 30 mV	0 bis 30 mV	0 bis 20 mV	0 bis 20 mV	0 bis 20 mV
Maximale Strahlungsaufnahme	2000 W/m^2	2000 W/m^2	4000 W/m^2	4000 W/m^2	4000 W/m^2
Ansprechzeit (63%)	< 6 s	< 6 s	< 1.7 s	< 1.7 s	< 1.7 s
Ansprechzeit (95%)	< 18 s	< 18 s	< 5 s	< 5 s	< 5 s
Null-Offsets					
(a) Thermalstrahlung (bei 200 W/m^2)	< 15 W/m^2	< 12 W/m^2	< 7 W/m^2	< 7 W/m^2	< 3 W/m^2
(b) Temperaturabhängigkeit (5 K/h)	< 5 W/m^2	< 4 W/m^2	< 2 W/m^2	< 2 W/m^2	< 1 W/m^2
Stabilitätsabweichung (pro Jahr)	< 1%	< 1%	< 0.5%	< 0.5%	< 0.5%
Nichtlinearität (100 bis 1000 W/m^2)	< 1.5%	< 1%	< 0.2%	< 0.2%	< 0.2%
Richtungsfehler (bis zu 80° bei 1000 W/m^2 Einstrahlung)	< 20 W/m^2	< 20 W/m^2	< 10 W/m^2	< 10 W/m^2	< 5 W/m^2
Spektrale Selektivität (350 bis 1500 nm)	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%
Temperaturverhalten	< 5% (-10°C bis +40°C)	< 4% (-10°C bis +40°C)	< 1% (-10°C bis +40°C)	< 1% (-20°C bis +50°C)	< 0.5% (-20°C bis +50°C)
Neigungsfehler (0° bis 90° bei 1000 W/m^2)	< 1%	< 1%	< 0.2%	< 0.2%	< 0.2%
Sichtfeld	180°	180°	180°	180°	180°
Nivelliergenauigkeit	< 0.2°	< 0.1°	< 0.1°	< 0.1°	< 0.1°
Temperatursensor			(10 k Thermistor optional)	10 k Thermistor (optional Pt-100)	10 k Thermistor (optional Pt-100)
Sensorelement	Thermosäule	Thermosäule	Thermosäule	Thermosäule	Thermosäule
Betriebstemperaturbereich	-40°C bis +80°C	-40°C bis +80°C	-40°C bis +80°C	-40°C bis +80°C	-40°C bis +80°C
Lagertemperaturbereich	-40°C bis +80°C	-40°C bis +80°C	-40°C bis +80°C	-40°C bis +80°C	-40°C bis +80°C
Luftfeuchtigkeitsbereich	0 bis 100% nicht-kondensiert	0 bis 100% nicht-kondensiert	0 bis 100% nicht-kondensiert	0 bis 100% nicht-kondensiert	0 bis 100% nicht-kondensiert
IP-Schutzklasse	67	67	67	67	67
Empfohlene Anwendungsgebiete	Kostengünstige Lösung für Routinemessungen in Wetterstationen und im Feldeinsatz	Qualitativ gute Messungen in hydrologischen Netzwerken, Überwachung von Gewächshäusern	Meteorologische Netzwerke, PV Panel- und Sonnenkollektorerüberwachung, Materialtest	Meteorologische Netzwerke, Referenzmessungen in extremem Klima, Polar- oder Trockengebieten	Wissenschaftliche Forschung mit höchster Anforderung an Meßgenauigkeit und Verlässlichkeit

Hinweis: dies sind die Spezifikationen für den ungünstigsten Fall und/oder Maximalwerte

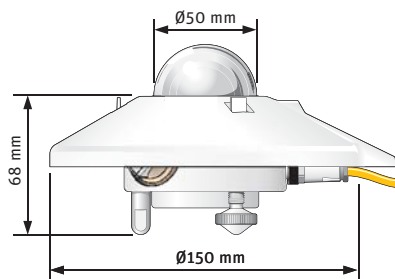
CMP10 und CMP 11 gibt es optional auch mit 10K Thermistor, CMP 21 und CMP 22 standardmäßig mit 10K Thermistor, optional mit Pt-100 Temperatursensor

CMP 21 und CMP 22 werden mit individuellen Testdaten zu Richtungsverhalten und Temperaturabhängigkeit geliefert

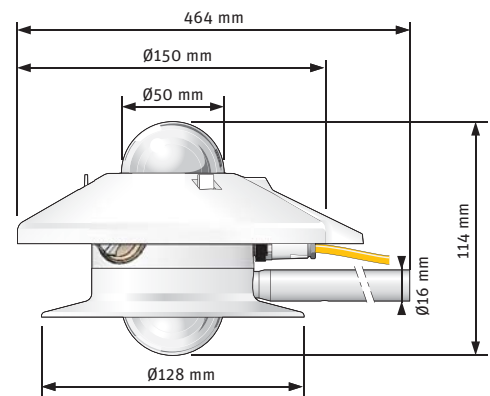
6.2 Abmessungen und Gewicht



CMP 3
Weight without cable: 0.3 kg



CMP 6, CMP10, CMP 11, CMP 21 and CMP 22
Weight without cable: 0.6 kg



CMA 6 and CMA 11
Weight without cable: 1.2 kg

7 . Störungsbeseitigung

Hinweis Es gibt keine Verschleißteile in den CMP-Pyranometern und CMA-Albedometern. Sie dürfen ohne Abstimmung mit Kipp & Zonen nicht geöffnet werden.

7.1 Kein oder unrichtiges Ausgangssignal

Nachfolgend eine Anleitung, um die Funktionalität des Gerätes zu überprüfen:

1. Überprüfen Sie, ob die Radiometerkabel korrekt an das Auswerteinstrument angeschlossen sind.
2. Überprüfen Sie den Sensorstandort. Gibt es irgendwelche Hindernisse, die irgendwann während des Tages Schatten auf den Sensor werfen oder die direkte Strahlung auf den Sensor blockieren?
3. Überprüfen Sie den Sensordom, er sollte klar und sauber sein. Wenn sich Kondensat in seinem Inneren gebildet hat, muss das Trocknungsmittel erneuert werden. Ist zu viel Feuchtigkeit vorhanden, muß die Trocknungspatrone herausgenommen, der Sensor im Warmen getrocknet und die Patrone, mit neuem Silika-Gel befüllt, wieder eingesetzt werden. Es kann allerdings mehrere Tage dauern, bis die Sensorfunktionalität vollständig wiederhergestellt ist.
4. Überprüfen Sie den Datenlogger- oder Integrator-Offset durch den Anschluß eines Abschlußwiderstandes (100 Ohm Widerstand). Hier sollte sich ein Nullsignal ergeben.
5. Überprüfen Sie die Nivellierung des Sensors. Die Luftblase der Libelle sollte sich innerhalb der Ringmarkierung befinden.
6. Wenn sich am Dom Wasser angesammelt oder Eis abgelagert hat, muß er davon befreit werden. Wassertröpfchen verflüchtigen sich im Sonnenschein normalerweise in weniger als einer Stunde.

Jede sichtbare Beschädigung oder offensichtliche Störung sollte Ihrem Händler mitgeteilt werden, der dann entsprechende Maßnahmen vorschlägt.

7.2 Häufig gestellte Fragen (FAQ´S)

Die am häufigsten gestellten Fragen sind hierunter aufgelistet. Für einen Update können Sie auch die Internetseiten von Kipp & Zonen oder Gengenbach Messtechnik e.K. besuchen:

www.kippzonen.com

www.rg-messtechnik.de

Frage: Negatives Ausgangssignal während der nächtlichen Messung?

Antwort: Dieser Fehler steht in Verbindung mit dem Null-Offset Typ A. Normalerweise tritt dieser Null-Offset auf, wenn der innere Dom eine andere Temperatur hat als die Kaltstellen auf dem Sensorelement. Dies ist bei klarem Himmel praktisch immer der Fall. Aufgrund der geringen effektiven Himmelstemperatur ($< 0^{\circ}\text{C}$) gibt die Erdoberfläche annähernd 100 W/m^2 langwelliger, nach oben gerichteter Infrarotstrahlung ab. Der äußere Glasdom eines Pyranometers gibt dieselbe Strahlung ab und kühlt sich daher auf einige Grad unter Lufttemperatur ab (das Emissionsvermögen von Glas in diesem speziellen Wellenlängenbereich ist annähernd 1).

Die abgestrahlte Wärme kommt vom Gerätekörper durch Ableitung in den Dom, aus der Luft (entsteht hier durch den Wind) und vom inneren Dom durch Infrarotabstrahlung. Der Wärmefluß ist dem durch absorbierte Solarstrahlung entstandenen Wärmefluß entgegengesetzt und verursacht bei Nacht den wohlbekannten Null-Offset. Dieser negative Null-Offset entsteht auch an einem klaren Tag, wird jedoch vom Solarstrahlungssignal überdeckt.

Der Null-Offset Typ A kann mittels einer licht- und infrarotstrahlungsreflektierenden Abdeckung, die auf das Pyranometer aufgesetzt wird, überprüft werden. Das Ansprechvermögen auf Solarstrahlung wird abnehmen, während sich die Domtemperatur mit einer Zeitkonstante von einigen Minuten ausgleicht. Somit ist nach etwa einer halben Minute das verbleibende Signal Hauptbestandteil des Null-Offsets Typ A.

Eine gute Belüftung der Dome und des Gerätekörpers vermindert Null-Offsets und erhöht die Meßstabilität. Der Einsatz der Kipp & Zonen Ventilationseinheit CVF4 kann den Null-Offset Typ A um ca. 50% reduzieren.

Frage: Maximale und minimale Strahlungsmengen?

Antwort: Durch die mögliche Reflexion durch Wolken kann die Globalstrahlung auf Höhe des Meeresspiegels über den extraterrestrischen Strahlungswert (die Solarkonstante) von 1367 W/m² an der oberen Grenze der Atmosphäre steigen (WMO 1982). Es wurden Werte bis zu 1500 W/m² verzeichnet.

Da Wolken wandern, entstehen solche Werte meist nur für die Dauer von wenigen Minuten.

Frage: Was ist die primäre Eintrittsstelle für Luftfeuchtigkeit?

Antwort: Das CMP 3 ist vollversiegelt, dies bedeutet aber auch, daß es nicht reparierbar ist. Die Konstruktion der anderen CMP und CMA Radiometer erlaubt eine Reparatur, wie z. B. den Austausch des Glasdomes. Dennoch gibt es in der Konstruktion Dichtungen, die zwar wasser- aber nicht gasdicht sind. Deshalb kann es sein, daß mit der Zeit durch Temperatur- und Druckschwankungen Feuchtigkeit eindringen kann. Das CMP10 verfügt über eine Spezialversiegelung, so daß sein internes Trocknungsmittel für 10 Jahre hält.

Frage: Wird die Empfindlichkeit des Pyranometers durch die Länge des Signalkabels beeinflusst?

Antwort: Je länger das Kabel, desto höher die Impedanz. Dies hat jedoch aus folgenden Gründen keinen Einfluß auf die Pyranometerempfindlichkeit.

Die maximale Ausgangsimpedanz eines Radiometers mit 100 m Kipp & Zonen Kabel ($R = 75 \Omega/\text{km}$) ist ca. 200 Ω . Beträgt die Eingangsimpedanz des Spannungsmeßgerätes (Auswertegerätes) mindestens 1 M Ω (wie empfohlen) so sind dies lediglich 0.02%, somit sind der Strom, der durch das Signalkabel geht und die Signalveränderung nur geringfügig und daher vernachlässigbar.

Die Ladung kann die passive Temperaturkompensationsschaltung des CMP10, CMP 11, CMP 21 und CMP 22 geringfügig beeinflussen, aber dies ist ebenfalls vernachlässigbar.

Wenn die Gehäusetemperatur des CMP 21 und CMP 22 mit dem Standard 10 k Ω Thermistor gemessen wird, beträgt der nominale Widerstand bei +50 °C = 3893 Ω und bei 100 m langem Kipp & Zonen Kabel zusätzliche 15 Ω (2 x 7.5 Ω). Deshalb beträgt der Fehler lediglich 0.4% verglichen mit der nominalen Unsicherheit des Temperatursensors von 0.1%. Der optionale Pt-100 Temperatursensor in Verbindung mit dem 4-Draht Kabel kompensiert den Kabelwiderstand und es gibt keine Abweichungen.

8. Kundenservice

Wenn Sie Hilfe wegen eines Ihrer Kipp & Zonen Produkte benötigen, kontaktieren Sie uns bitte:

Gegenbach Messtechnik e.K.

Telefon +49 (0) 7153 - 9258 - 0
Fax +49 (0) 7153 - 9258 - 160
E-mail info@rg-messtechnik.de
service@rg-meaatechnik.de

Bitte stellen Sie, wenn möglich, folgende Informationen zur Verfügung:

- Gerätetyp
- Seriennummer
- Fehlerbeschreibung
- Beispielmessdaten
- Informationen zum Auswertegerät
- Interfaces und Netzteile
- Information zu früheren Reparaturen oder Modifikationen
- Bilder des Messaufbaues
- Überblick über die Gegebenheiten vor Ort

Wir garantieren die Vertraulichkeit dieser Informationen.

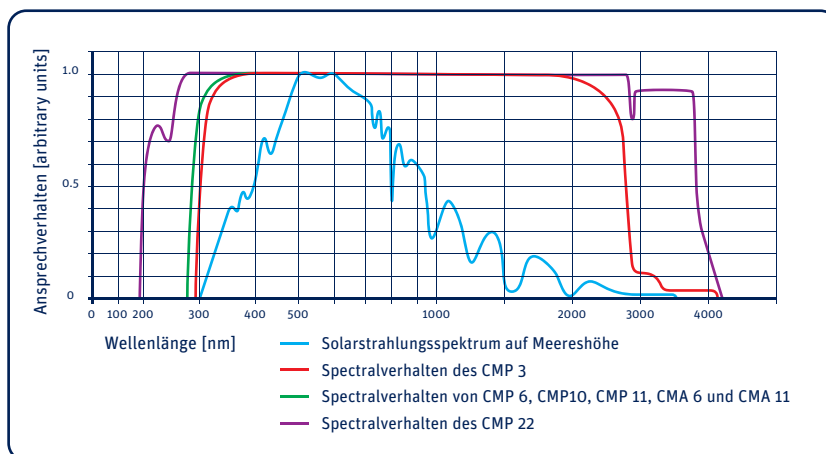
9. Glossar

Begriff	Erklärung
Albedo	Teil der Strahlung, der von einem Körper reflektiert wird
Azimutwinkel	Horizontaler Winkel (0 bis 360 °) normalerweise bezogen auf Norden
Kosinusverhalten	Richtungsverhalten des Radiometers entsprechend dem Kosinus des Zenitwinkels
Diffusstrahlung	Abwärts gerichtete, gestreute und reflektierte Solarstrahlung, die auf eine horizontale Fläche trifft; unter Ausschluß der Direktstrahlung
Direktstrahlung	Auf eine ebene Oberfläche auftreffende Strahlung, die senkrecht zur Strahlungsrichtung steht
Globalstrahlung	Gesamte, auf einer horizontalen Fläche auftreffende Strahlung Global = Diffus + (Direkt x $\cos \alpha$); α ist der solare Zenitwinkel
Einstrahlung	Strahlungsflußintensität (W/m^2)
Langwellige Strahlung	Strahlung im Wellenlängenbereich von 4 μm bis über 40 μm
Pyranometer	Radiometer zur Messung kurzwelliger Globalstrahlung
Pyrgometer	Radiometer zur Messung langwelliger Strahlung
Pyrheliometer	Radiometer zur Messung der kurzwelligen Direktstrahlung
Kurzwellige Strahlung	Strahlung im Wellenlängenbereich von 300 nm bis 4000 nm (4 μm)
Thermosäule	Sensorelement bestehend aus Thermoelementen
WMO	Weltmeteorologische Organisation, Genf, Schweiz
WRC	Weltstrahlungszentrum, Davos, Schweiz
WRR	Weltradiometrische Referenz (Standard-Strahlungsskala) beim WRC Davos
WSG	Welt-Standard Radiometer beim WRC Davos
Zenitwinkel	Zenitwinkel (0° ist vertikal, 90° ist horizontal)

Anhang A. Physikalische Eigenschaften der Pyranometer

A.1 Spektralbereich

Das Spektrum der Solarstrahlung, die auf der Erdoberfläche ankommt, bewegt sich im Wellenlängenbereich zwischen 280 nm und 4000 nm, und erstreckt sich vom ultravioletten (UV) bis in den Fern-Infrarot (FIR) Bereich. Durch die hervorragenden Eigenschaften der Glasdome und der schwarzen Beschichtung des Sensorelementes sind die Kipp & Zonen Radiometer der CMP / CMA Serie über einen weiten Spektralbereich gleichmäßig empfindlich. 97 - 98% der Gesamtenergie werden von den Thermoelementen aufgenommen.



A.2 Empfindlichkeit

Die Empfindlichkeit der Thermosäule des Radiometers wird hauptsächlich durch die physikalischen Eigenschaften des Sensorelementes bestimmt. Dessen thermoelektrische Kraft, die thermale Leitfähigkeit seiner Kontaktstellen und seine Abmessungen bestimmen auch seine Empfindlichkeit. Der Empfindlichkeitswert wird unter Standardbedingungen durch den Vergleich mit einer Referenz bestimmt, die entsprechenden Angaben befinden sich auch im Kalibrierzertifikat.

A.3 Ansprechzeit

Jedes Messgerät benötigt einige Zeit, bis es auf eine Änderung der gemessenen Parameter reagiert. So benötigt auch das Radiometer etwas Zeit, um auf Änderungen der eingehenden Strahlung zu reagieren. Diese sog. Ansprechzeit ist normalerweise die Zeit bis das Ausgangssignal nach einer sprunghaften Änderung der Einstrahlung wieder 95% (manchmal $1/e$, 63%) des Endwertes erreicht hat. Die Ansprechzeit wird durch die physikalischen Eigenschaften der Thermosäule und die Gerätekonstruktion bestimmt.

A.4 Impedanz

Unter der Radiometerimpedanz versteht man die elektrische Gesamtimpedanz an der Gehäusebuchse des Radiometers. Sie entsteht durch den elektrischen Widerstand der Thermoelemente, der Verdrahtung, der Verbindungen und der passiven Elektronik im Radiometer.

A.5 Nichtlinearität

Die Nichtlinearität eines Pyranometers ist in der ISO 9060:1990 als prozentuale Abweichung der Empfindlichkeit innerhalb eines Strahlungsbereiches von 100 bis 1000 W/m² im Vergleich zum Einstrahlungsniveau 500 W/m² bei der Empfindlichkeitskalibrierung definiert. Eine Wärmekonvektion und der Verlust von Strahlungswärme auf dem schwarzen Sensorelement rufen diesen Nichtlinearitätseffekt im thermalen Gleichgewicht des Radiometers hervor.

A.6 Temperaturabhängigkeit

Die Änderung der Empfindlichkeit eines Radiometers im Verhältnis zur Umgebungstemperatur ergibt sich durch die thermodynamischen Eigenschaften der Gerätekonstruktion. Die Temperaturabhängigkeit wird als prozentuale Abweichung im Vergleich zur kalibrierten Empfindlichkeit bei +20 °C angegeben.

Die Pyranometer CMP 3, CMP 6 und das Albedometer CMA 6 haben keine interne Temperaturkompensation.

CMP10, CMP 11 und CMA 11 verfügen über passive Temperaturkompensationsschaltungen mit standardisierter Linearisierung.

Beim CMP 21 und CMP 22 ist die lineare Temperaturkompensation individuell optimiert. Da die Temperaturabhängigkeit nicht linear ist, ist die Kompensation nicht ganz exakt. Deshalb werden diese Instrumente mit den individuellen Daten für die verbleibende (geringe) Temperaturabhängigkeit geliefert. Die interne Temperatur kann mit dem integrierten Sensor überwacht werden und die Strahlungsdaten können nachbearbeitet werden, um verbliebene Fehler zu minimieren.

A.7 Neigungsfehler

Unter dem Neigungsfehler versteht man die Abweichung von der Empfindlichkeit bei 0° Neigung (exakt horizontal) innerhalb eines Neigungsbereiches von 0° bis 90° bei 1000 W/m² normaler Strahlung. Das Neigungsverhalten ist proportional zur einfallenden Strahlung. Bei der Anwendung auf geneigten Oberflächen könnte dieser Fehler korrigiert werden, dieser ist aber an sich unerheblich.

A.8 Null-Offset Typ A

Es ist naturgegeben, daß zwischen jedem Objekt mit einer bestimmten Temperatur und seiner Umgebung ein Strahlungsaustausch stattfindet. Die Dome der nach oben gerichteten Radiometer tauschen Strahlung hauptsächlich mit der relativ kalten Atmosphäre aus. Zum Beispiel kann ein klarer Himmel bis zu 50 °C kälter sein als ein bedeckter Himmel, der wiederum in etwa dieselbe Temperatur wie die Erdoberfläche hat.

Hier verliert der Pyranometerdom Energie an die kältere Atmosphäre durch den Strahlungstransport und er kühlt auf ein Temperaturniveau aus, das unter dem des restlichen Gehäuses liegt. Dieser Temperaturunterschied zwischen Sensorelement und Gehäuse erzeugt ein kleines negatives Ausgangssignal, das im Allgemeinen als Null-Offset A bezeichnet wird. Dieser Effekt wird jedoch durch die Ausstattung des Gerätes mit einem inneren Dom reduziert, der hier als Strahlungspuffer fungiert. Näheres hierzu in Abschnitt 7.2.

Dieser Offset kann zusätzlich durch eine Ventilationseinheit minimiert werden. Diese ist für die Pyranometer CMP 6, CMP10, CMP 11, CMP 21 und CMP 22 erhältlich, für das CMP 3 und die Albedometer CMA 6 und CMA 11 gibt es keine solche.



A.9 Null-Offset Typ B

Die Gerätetemperatur variiert proportional zur Umgebungstemperatur und verursacht dadurch Wärmeströmungen im Instrument. Hierdurch entsteht der sogenannte Null-Offset B. Dieser wird in der ISO 9060:1990 als in W/m^2 gemessene Reaktion auf Änderungen der Umgebungstemperatur um 5 K/Stunde quantifiziert.

A.10 Betriebstemperatur

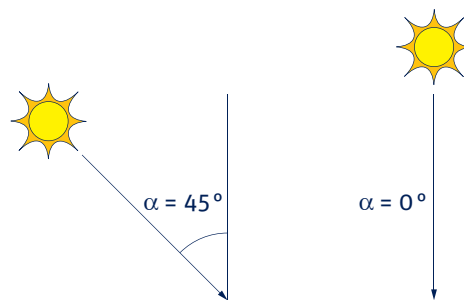
Der Betriebstemperaturbereich eines Radiometers wird durch die physikalischen Eigenschaften seiner Bestandteile bestimmt. Innerhalb des festgelegten Betriebstemperaturbereiches können die Kipp & Zonen Radiometer problemlos eingesetzt werden. Außerhalb dieses Temperaturbereiches sollten spezielle Vorsorgemaßnahmen getroffen werden, um Beschädigungen der Instrumente oder gar den Leistungsausfall der Radiometer zu vermeiden. Für nähere Informationen zum Einsatz der Geräte in außergewöhnlichen Temperaturbereichen kontaktieren Sie bitte die für Sie zuständige Kipp & Zonen Vertretung.

A.11 Sichtfeld

Als Sichtfeld eines Radiometers definiert man den gesamten Winkel, über den die Strahlung ungehindert auf das Sensorelement des Gerätes einfällt. Die Vorgaben nach ISO und WMO fordern, daß ein Pyranometer zur Messung der Globalstrahlung über ein Sichtfeld von 180° in alle Richtungen verfügt (eine Hemisphäre). Dies bezieht sich aber auf die Eigenschaft des Gerätes selber, nicht auf die Tatsache, daß das Sichtfeld des Gerätes am Montageort nicht durch Sichthindernisse verbaut sein sollte.

A.12 Richtungsverhalten

Die Intensität einer Strahlung, die von einem bestimmten Zenitpunkt auf eine ebene, horizontale Fläche fällt, verhält sich proportional zum Kosinus des Zeniteinfallswinkels. Dies wird manchmal auch Kosinusetz oder Kosinusverhalten genannt und ist in der untenstehenden Abbildung veranschaulicht.



Idealerweise verfügt ein Pyranometer über ein Richtungsverhalten, das exakt dem Kosinusetz entspricht. Jedoch wird das Richtungsverhalten eines Pyranometers durch die Qualität, die Abmessungen und die Bauart seines Domes beeinflusst. Die maximale Abweichung vom idealen Kosinusetz eines Pyranometers erstreckt sich bis zu einem Einfallswinkel von 80° in Beziehung zu $1000 W/m^2$ Einstrahlung bei normalem Einfallswinkel (0° Zenitwinkel).

A.13 Maximale Strahlungsaufnahme

Die maximale Strahlungsaufnahme ist das äußerste Strahlungsniveau, oberhalb dessen das Gerät Schaden nehmen kann.

A.14 Stabilitätsabweichung

Dies ist die prozentuale Abweichung der Empfindlichkeit über den Zeitraum eines Jahres. Dieser Effekt wird hauptsächlich durch die Einwirkung der UV-Strahlung auf die schwarze Beschichtung der Sensorelementoberfläche hervorgerufen.

Daher empfiehlt Kipp & Zonen, die Instrumente alle zwei Jahre rekalisieren zu lassen. Es gibt allerdings Anwender (einige Institute, Industrieunternehmen oder Netzwerke) für die im Rahmen der Qualitätssicherung häufigere Rekalibrierungen notwendig sind. Nähere Informationen zum Kalibrierverfahren finden sich im Abschnitt 5.

A.15 Spektrale Selektivität

Die spektrale Selektivität ist die Veränderung der Durchlässigkeit und des Absorptionsfaktors der Sensorelementoberfläche mit der Wellenlänge und wird allgemein als %-Anteil vom Mittelwert angegeben.

A.16 Umwelt

Die Radiometer der CMP / CMA Serie sind für den Außeneinsatz unter jeglicher Wetterbedingung konzipiert. Sie entsprechen der Schutzklasse IP 67 und ihre solide mechanische Konstruktion ist innerhalb der für die Geräte zulässigen Parameter für alle Wetterbedingungen geeignet.

Für den Einsatz in rauer Umgebung, z. B. auf dem Meer, gibt es das CMP 6, CMP10, CMP 11, CMP 21 und CMP 22 auch in Edelstahl, allerdings ist diese Version teurer und es gibt eine Mindestabnahmemenge von 5 Geräten.

A.17 Meßunsicherheit

Die Meßunsicherheit kann als maximale stündliche oder tägliche Abweichung von der „absoluten Genauigkeit“ bezeichnet werden. Die Zuverlässigkeit liegt bei 95%, was bedeutet, daß 95% der Datenpunkte innerhalb eines vorgegebenen Unsicherheitstoleranzrahmens um den Absolutwert liegen. Die Meßunsicherheitswerte werden von Kipp & Zonen empirisch anhand jahrelanger Feldmessungen ermittelt.

Wenn ein Pyranometer im Einsatz ist, steht es in einer Wechselbeziehung mit einer Anzahl verschiedener Parameter, wie Temperatur, Einstrahlungsniveau, Einfallswinkel, usw. Wenn die Einsatzbedingungen in gravierender Weise von den Kalibrierbedingungen abweichen, muß bei den kalkulierten Strahlungsdaten mit einer Meßunsicherheit gerechnet werden.

Bei einem 'High Quality' Pyranometer rechnet die WMO mit einer maximalen Unsicherheit bei der stündlichen Gesamtstrahlung von 3%. Bei der täglichen Gesamtstrahlung ist es eine Unsicherheit von 2%; da sich einige Ergebnisvariationen gegenseitig aufheben, wenn der Integrationszeitraum sehr lange ist. Erläuterungen hierzu im WMO 'Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation' Siebte Ausgabe, 2008. Die ISO 9060:1990 enthält keine stündlichen oder täglichen Meßunsicherheiten.

Viele Jahre Erfahrung haben gezeigt, daß die Pyranometerleistung im Hinblick auf den Null-Offset Typ A durch den Einsatz eines passenden Ventilationssystems erheblich verbessert werden kann. Für die Pyranometer CMP 6, CMP10, CMP 11, CMP 21 und CMP 22 gibt es daher die Ventilationseinheit CVF4, um den kleinen verbleibenden Fehler zu minimieren.

Anhang B. Klassifizierung der Pyranometer nach ISO 9060:1990(E)

Referenznummer und Spezifikation	
1	Ansprechzeit (95%)
2	Null-Offsets (a) Verhalten bei 200 W/m ² Netto-Thermalstrahlung (ventiliert) (b) Verhalten bei Änderung der Umgebungstemperatur um 5 K/Stunde
3a	Stabilitätsabweichung Prozentuale Abweichung des Ansprechverhaltens pro Jahr
3b	Nicht-Linearität Prozentuale Abweichung des Ansprechverhaltens bei 500 W/m ² bedingt durch eine Änderung der Einstrahlung im Bereich 100 W/m ² bis 1000 W/m ²
3c	Richtungsverhalten (Direkteinstrahlung) Fehlerbereich, bedingt durch die Annahme, daß das Ansprechverhalten bei der Messung einer normal einfallenden Strahlung von 1000 W/m ² für alle Richtungen dasselbe ist
3d	Spektrale Selektivität Prozentuale Abweichung des Produktes von spektraler Absorption und spektraler Transmission vom entsprechenden Mittelwert im Bereich von 0.35 µm bis 1.5 µm
3e	Temperaturverhalten prozentuale Abweichung bedingt durch die Änderung der Umgebungstemperatur in Intervallen von 50 K
3f	Neigungsverhalten prozentuale Abweichung vom Verhalten bei 0° Neigungswinkel (horizontal) bei Änderung der Neigung von 0° bis zu 90° bei 1000 W/m ² Einstrahlung

Referenz	ISO Pyranometer Kategorien			CMP 3	CMP 6/CMA 6	CMP10, 11/CMA 11	CMP 21	CMP 22
ISO 9060:1990 Klassifizierung	Second Class	First Class	Secondary Standard	Second Class	First Class	Secondary Standard	Secondary Standard	Secondary Standard
1 Ansprechzeit (95%)	< 60 s	< 30 s	< 15 s	< 18 s	< 18 s	< 5 s	< 5 s	< 5 s
2 Null-Offsets (a) (b)	± 30 W/m ² ± 8 W/m ²	± 15 W/m ² ± 4 W/m ²	± 7 W/m ² ± 2 W/m ²	< 15 W/m ² ⁽¹⁾ < 5 W/m ²	< 15 W/m ² ⁽¹⁾ < 4 W/m ²	< 7 W/m ² ⁽¹⁾ < 2 W/m ²	< 7 W/m ² ⁽¹⁾ < 2 W/m ²	< 3 W/m ² ⁽¹⁾ < 1 W/m ²
3a Stabilitätsabweichung	± 3.0 %	± 1.5 %	± 0.8 %	< 1 %	< 1 %	< 0.5 %	< 0.5 %	< 0.5 %
3b Nichtlinearität	± 3 %	± 1 %	± 0.5 %	< 1 %	< 1 %	< 0.2 %	< 0.2 %	< 0.2 %
3c Richtungsverhalten (Direkteinstrahlung)	± 30 W/m ²	± 20 W/m ²	± 10 W/m ²	< 20 W/m ² bis zu 80° Zenitwinkel	< 20 W/m ² bis zu 80° Zenitwinkel	< 10 W/m ² bis zu 80° Zenitwinkel	< 10 W/m ² bis zu 80° Zenitwinkel	< 5 W/m ² bis zu 80° Zenitwinkel
3d Spektrale Selektivität	± 10 %	± 5 %	± 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 2 %
3e Temperaturverhalten	8 %	4 %	2 %	< 5 % (-10°C bis +40°C) in Intervallen von 50 K	< 4 % (-10°C bis +40°C) in Intervallen von 50 K	< 1 % (-10°C bis +40°C) in Intervallen von 50 K	< 1 % (-20°C bis +50°C) in Intervallen von 70 K	< 0.5 % (-20°C bis +50°C) in Intervallen von 70 K
3f Neigungsverhalten	± 5 %	± 2 %	± 0.5 %	< 1 %	< 1 %	< 0.2 %	< 0.2 %	< 0.2 %

⁽¹⁾ ohne Ventilation

Appendix C. 10kΩ Thermistor Spezifikationen

Thermistor (10 kΩ @ 25 °C)

$$T = \left(\alpha + \left[\beta \cdot (\ln(R)) + \gamma \cdot (\ln(R))^3 \right] \right)^{-1} - 273.15$$

$$\alpha : 1.0295 \cdot 10^{-3} \quad \beta : 2.391 \cdot 10^4 \quad \gamma : 1.568 \cdot 10^{-7}$$

T [°C] = Temperatur

R [Ω] = Widerstand

YSI Thermistor 44031 - Widerstand relativ zur Temperatur in °C und °F

Temperatur		Widerstand	Temperatur		Widerstand	Temperatur		Widerstand
[°C]	[°F]	[Ohm]	[°C]	[°F]	[Ohm]	[°C]	[°F]	[Ohm]
-30	-22.0	135,200	0	32.0	29,490	30	86.0	8,194
-29	-20.2	127,900	1	33.8	28,150	31	87.8	7,880
-28	-18.4	121,100	2	35.6	26,890	32	89.6	7,579
-27	-16.6	114,600	3	37.4	25,690	33	91.4	7,291
-26	-14.8	108,600	4	39.2	24,550	34	93.2	7,016
-25	-13.0	102,900	5	41.0	23,460	35	95.0	6,752
-24	-11.2	97,490	6	42.8	22,430	36	96.8	6,500
-23	-9.4	92,430	7	44.6	21,450	37	98.6	6,258
-22	-7.6	87,660	8	46.4	20,520	38	100.4	6,026
-21	-5.8	83,160	9	48.2	19,630	39	102.2	5,805
-20	-4.0	78,910	10	50.0	18,790	40	104.0	5,592
-19	-2.2	74,910	11	51.8	17,980	41	105.8	5,389
-18	-0.4	71,130	12	53.6	17,220	42	107.6	5,193
-17	1.4	67,570	13	55.4	16,490	43	109.4	5,006
-16	3.2	64,200	14	57.2	15,790	44	111.2	4,827
-15	5.0	61,020	15	59.0	15,130	45	113.0	4,655
-14	6.8	58,010	16	60.8	14,500	46	114.8	4,489
-13	8.6	55,170	17	62.6	13,900	47	116.6	4,331
-12	10.4	52,480	18	64.4	13,330	48	118.4	4,179
-11	12.2	49,940	19	66.2	12,790	49	120.2	4,033
-10	14.0	47,540	20	68.0	12,260	50	122.0	3,893
-9	15.8	45,270	21	69.8	11,770	51	123.8	3,758
-8	17.6	43,100	22	71.6	11,290	52	125.6	3,629
-7	19.4	41,070	23	73.4	10,840	53	127.4	3,504
-6	21.2	39,140	24	75.2	10,410	54	129.2	3,385
-5	23.0	37,310	25	77.0	10,000	55	131.0	3,270
-4	24.8	35,570	26	78.8	9,605	56	132.8	3,160
-3	26.6	33,930	27	80.6	9,227	57	134.6	3,054
-2	28.4	32,370	28	82.4	8,867	58	136.4	2,952
-1	30.2	30,890	29	84.2	8,523	59	138.2	2,854

Appendix D. Pt-100 Spezifikationen

Pt-100 (100 Ω @ 0°C)

$$T = \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 4 \cdot \beta \cdot \left(\frac{-R}{100} + 1\right)}}{2 \cdot \beta}$$

$\alpha : 3.9083 \cdot 10^{-3}$ $\beta : -5.8019 \cdot 10^{-7}$

T [°C] = Temperatur

R [Ω] = Widerstand

Pt-100 - Widerstand relativ zur Temperatur in °C und °F

Temperatur		Widerstand	Temperatur		Widerstand	Temperatur		Widerstand
[°C]	[°F]	[Ohm]	[°C]	[°F]	[Ohm]	[°C]	[°F]	[Ohm]
-30	-22.0	88.2	0	32.0	100.0	30	86.0	111.7
-29	-20.2	88.6	1	33.8	100.4	31	87.8	112.1
-28	-18.4	89.0	2	35.6	100.8	32	89.6	112.5
-27	-16.6	89.4	3	37.4	101.2	33	91.4	112.8
-26	-14.8	89.8	4	39.2	101.6	34	93.2	113.2
-25	-13.0	90.2	5	41.0	102.0	35	95.0	113.6
-24	-11.2	90.6	6	42.8	102.3	36	96.8	114.0
-23	-9.4	91.0	7	44.6	102.7	37	98.6	114.4
-22	-7.6	91.4	8	46.4	103.1	38	100.4	114.8
-21	-5.8	91.8	9	48.2	103.5	39	102.2	115.2
-20	-4.0	92.2	10	50.0	103.9	40	104.0	115.5
-19	-2.2	92.6	11	51.8	104.3	41	105.8	115.9
-18	-0.4	93.0	12	53.6	104.7	42	107.6	116.3
-17	1.4	93.3	13	55.4	105.1	43	109.4	116.7
-16	3.2	93.7	14	57.2	105.5	44	111.2	117.1
-15	5.0	94.1	15	59.0	105.9	45	113.0	117.5
-14	6.8	94.5	16	60.8	106.2	46	114.8	117.9
-13	8.6	94.9	17	62.6	106.6	47	116.6	118.2
-12	10.4	95.3	18	64.4	107.0	48	118.4	118.6
-11	12.2	95.7	19	66.2	107.4	49	120.2	119.0
-10	14.0	96.1	20	68.0	107.8	50	122.0	119.4
-9	15.8	96.5	21	69.8	108.2	51	123.8	119.8
-8	17.6	96.9	22	71.6	108.6	52	125.6	120.2
-7	19.4	97.3	23	73.4	109.0	53	127.4	120.6
-6	21.2	97.7	24	75.2	109.4	54	129.2	120.9
-5	23.0	98.0	25	77.0	109.7	55	131.0	121.3
-4	24.8	98.4	26	78.8	110.1	56	132.8	121.7
-3	26.6	98.8	27	80.6	110.5	57	134.6	122.1
-2	28.4	99.2	28	82.4	110.9	58	136.4	122.5
-1	30.2	99.6	29	84.2	111.3	59	138.2	122.9



**KIPP &
ZONEN**
SINCE 1830

Our customer support remains at your disposal for any maintenance or repair, calibration, supplies and spares.

Für Servicearbeiten und Kalibrierung, Verbrauchsmaterial und Ersatzteile steht Ihnen unsere Customer Support Abteilung zur Verfügung.

Notre service 'Support Clientèle' reste à votre entière disposition pour tout problème de maintenance, réparation ou d'étalonnage ainsi que pour les accessoires et pièces de rechange.

Nuestro servicio de atención al cliente esta a su disposición para cualquier actuación de mantenimiento, reparación, calibración y suministro de repuestos.

HEAD OFFICE

Kipp & Zonen B.V.

Delftechpark 36, 2628 XH Delft
P.O. Box 507, 2600 AM Delft
The Netherlands

T: +31 (0) 15 2755 210
info@kippzonen.com
www.kippzonen.com

SALES OFFICES

Kipp & Zonen France S.A.R.L.

88 Avenue de l'Europe
77184 Emerainville
France

T: +33 (0) 1 64 02 50 28
F: +33 (0) 1 64 02 50 29
kipp.france@kippzonen.com

Kipp & Zonen Asia Pacific Pte. Ltd.

10 Ubi Crescent Lobby E
#02-93 Ubi Techpark
Singapore 408564

T: +65 (0) 6748 4700
F: +65 (0) 6748 6098
kipp.singapore@kippzonen.com

Kipp & Zonen USA Inc.

125 Wilbur Place
Bohemia
NY 11716
United States of America

T: +1 (0) 631 589 2065
F: +1 (0) 631 589 2068
kipp.usa@kippzonen.com

SALES OFFICE GERMANY and SWITZERLAND



Gengenbach Messtechnik e.K.

Heinrich-Otto-Straße 3
D-73262 Reichenbach / Fils
T: +49 (0) 7153 9258-0
F: +49 (0) 7153 9258-160
info@rg-messtechnik.de
www.rg-messtechnik.de

Passion for Precision