



# Bedienungsanleitung

**SMP SERIE • SMART PYRANOMETER**



# Wichtige Information für den Anwender

Für die korrekte Installation, Anwendung und Wartung der Pyranometer der SMP-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, - oder  
P.O. Box 507, 2600 AM Delft,  
Niederlande

+31 15 2755 210  
support@kippzonen.com  
www.kippzonen.com

## **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.

Vom Anwender an den Geräten vorgenommene Änderungen können deren Funktionsweise beeinflussen und führen zum Verlust der Gewährleistung, sowie der CE- und internationaler Konformitäten.

## **Copyright © 2016 Kipp & Zonen B.V.**

Alle Rechte vorbehalten. Ohne schriftliche Genehmigung des Herstellers darf diese Bedienungsanleitung, auch nicht auszugsweise, kopiert, in ein System eingespeichert 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:** V1608  
**Herausgegeben am:** 1. August 2016



## Declaration of Conformity



**Kipp & Zonen B.V.**

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

declares under our sole responsibility that the product

**SMP3, SMP6, SMP10, SMP11, SMP21 and SMP22 Smart Pyranometer**

to which this declaration relates, is in conformity with European Harmonised Standards  
as published in the Official Journal of the EC, based on the following standard

[EMC - Emissions] **EN 61326-2-1:2013** and **EN 61326-2-3:2013**

[EMC - Immunity] **EN 61326-2-1:2013** and **EN 61326-2-3:2013**

following the provisions  
EMC-directive **2014/30/EC**

also, this device complies to  
[EMC - FCC] **Title 47CFR part 15**

Delft, 1<sup>st</sup> January 2016



E. van Houten - CFO  
Kipp & Zonen B.V.



# Inhaltsverzeichnis

Wichtige Information für den Anwender .....	3
Declaration of Conformity .....	5
1 Einführung .....	9
1.1 Produktübersicht .....	9
1.1.1 Die Pyranometer .....	9
1.1.2 Internationale Standards .....	10
1.2 Hauptkomponenten des SMP3 Pyranometers .....	11
1.3 Hauptkomponenten der SMP Pyranometer .....	11
1.4 Hauptkomponenten des SMP11 Pyranometers .....	11
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 .....	15
2.4.4 Nivellierung .....	15
2.4.5 Befestigung .....	15
2.4.6 Anschließen des Kabels .....	16
2.4.7 Anbringen des Sonnenschirmes .....	16
2.5 Installation zur Messung der Globalstrahlung auf geneigte Oberflächen .....	16
2.6 Installation zur Messung der reflektierten Strahlung .....	16
2.7 Installation zur Messung der Albedo .....	17
2.8 Installation zur Messung der Diffusstrahlung .....	17
2.9 Elektrische Anschlüsse .....	18
2.9.1 Netzanschluss .....	18
2.9.2 Datenanschluss .....	19
2.9.3 Analoger Spannungsausgang .....	20
2.9.4 Analoger Stromausgang .....	21
2.9.5 Empfohlene Kabel .....	21
3 Zubehör .....	23
3.1 Messung der Diffusstrahlung .....	23
3.2 Ventilation .....	23
3.3 Montagevorrichtungen .....	23
3.4 Blendschirm-Kit .....	23
3.5 Kabel .....	23
4 SmartExplorer Software und Modbus® Kommunikation .....	25
5 Funktionsweise und Messung .....	27
5.1 Datenerfassung .....	27
5.2 Hauptkomponenten der SMP Pyranometer .....	27
5.2.1 Glasdom / Quarzdom .....	28
5.2.2 Detektorelement .....	28
5.2.3 Gehäuse .....	28
5.2.4 Trocknungspatrone .....	28
5.2.5 Kabel und Stecker .....	29

6	Wartung und Rekalibrierung .....	31
6.1	Tägliche Wartung .....	31
6.2	Monatliche Wartung .....	31
6.3	Jährliche Wartung .....	31
6.4	Kalibrierung .....	31
6.4.1	Kalibrierprinzip .....	32
6.4.2	Rückführbarkeit der Kalibrierung auf die WRR .....	32
7	Spezifikationen .....	33
7.1	Optisch und elektrisch .....	33
7.2	Abmessungen und Gewicht .....	33
8	Störungsbeseitigung .....	35
8.1	Ausgangssignal nicht vorhanden oder fehlerhaft .....	35
8.2	Häufig gestellte Fragen .....	35
9	Kundendienst .....	37
10	Glossar .....	39
Anhänge .....		41
A.	Modbus® .....	41
A.1	Modbus®-Befehle .....	41
A.2	Eingaberegister .....	41
A.3	Wichtigste Register .....	43
A.4	Betriebsregister .....	44
A.5	Eingaberegister schreibgeschützt .....	44
A.6	Discrete Eingänge .....	47
A.7	Coils .....	48
A.8	Read / Write Betriebsregister .....	48
A.9	Discrete Eingänge schreibgeschützt .....	48
A.10	Read / Write Discrete Coils .....	50
A.11	Anforderung der Seriennummer .....	51
A.12	Einfaches Demonstrationsprogramm .....	52
B.	Physikalische Eigenschaften der Pyranometer .....	53
B.1	Spektralbereich .....	53
B.2	Empfindlichkeit .....	53
B.3	Ansprechzeit .....	53
B.4	Nichtlinearität .....	53
B.5	Temperaturabhängigkeit .....	53
B.6	Neigungsfehler .....	53
B.7	Null-Offset Typ A .....	54
B.8	Null-Offset Typ B .....	54
B.9	Betriebstemperaturbereich .....	54
B.10	Sichtfeld .....	54
B.11	Richtungsverhalten .....	55
B.12	Maximale Strahlungsaufnahme .....	55
B.13	Stabilitätsabweichung .....	55
B.14	Spektrale Selektivität .....	55
B.15	Umwelt .....	55
B.16	Messunsicherheit .....	56
C.	Klassifizierung nach ISO 9060:1990 (E) .....	57

# 1. Einführung

An verschiedenen Stellen dieser Anleitung ist das folgende Zeichen als Sicherheitshinweis für den Benutzer eingefügt.



Es bezeichnet Umstände, die physische oder materielle Schäden verursachen oder die einwandfreie Funktion von Gerätschaften beeinträchtigen können.

**Note** Hilfreiche Information für den Benutzer

## 1.1 Produktübersicht

Pyranometer sind die nach ISO 9060:1990 und den Vorgaben der World Meteorological Organisation (WMO) 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 SMP-Serie entspricht jeweils einer der Klassen, die durch internationale Standards vorgegeben sind.

Diese Bedienungsanleitung zusammen mit der Software-Anleitung und den Kurzanleitungen erläutert die Installation, Wartung, Kalibrierung, Produktspezifikationen und Anwendung der Pyranometer der SMP-Serie.

Für Rückfragen stehen Ihnen Gengenbach Messtechnik e.K. - [info@rg-messtechnik.de](mailto:info@rg-messtechnik.de) oder Kipp & Zonen B.V. - [info@kippzonen.com](mailto:info@kippzonen.com) zur Verfügung.

Weitere Information über andere Kipp & Zonen Produkte, Datenblätter, Bedienungsanleitungen, Kurzanleitungen, etc. finden Sie auf [www.rg-messtechnik.de](http://www.rg-messtechnik.de) oder [www.kippzonen.com](http://www.kippzonen.com).

### 1.1.1 Die Pyranometer

Bei den Instrumenten der SMP-Serie handelt es sich um hochwertige Radiometer zur Messung der kurzwelligigen Strahlung auf eine ebene Fläche (Strahlungsfluss, W/m<sup>2</sup>), die sich aus der Direktstrahlung und der Diffusstrahlung aus der Hemisphäre über dem Instrument zusammensetzt.

Die SMP-Pyranometer verfügen über interne digitale Signalprozessoren und Schnittstellen speziell für industrielle Datenerfassungs- und Überwachungssysteme. Kipp & Zonen hat für die Kommunikation mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS), Wechselrichtern, digitalen Überwachungsanlagen und den neuesten Datenloggern ein Smart-Interface mit RS-485 Modbus® entwickelt. Verstärkte Spannungs- und Stromausgänge stehen ebenfalls zur Verfügung für Geräte mit hohen analogen Eingangssignalen oder Stromschleifen-Interface.

Es gibt die SMP-Pyranometer in jeweils zwei Versionen. Die eine Version hat einen analogen Spannungsausgang von 0 bis 1 V, die andere Version einen analogen Stromausgang von 4 bis 20 mA. Beide Versionen verfügen aber über ein 2-Draht RS-485 Interface mit Modbus® (RTU) Protokoll.

Die digitale Signalverarbeitung sorgt für kürzere Ansprechzeiten, und ist ein interner Temperatursensor vorhanden, korrigiert sie die Temperaturabhängigkeit der Detektorempfindlichkeit.

Die SMP-Pyranometer sind mit Thermosäulenelementen und Glasdomen (bei SMP22 Quarzdom) ausgestattet, um das erforderliche Spektral- und Richtungsverhalten zu erreichen. Sie sind zudem mit eingebauten Nivellierlibellen und Nivellierfüßen versehen. Sonnenschirme mit Schnappbefestigung reduzieren die Aufheizung der Gehäuse. Die Kontakte der wasserdichten Stecker sind vergoldet.

Die Pyranometer werden standardmäßig mit hochwertigen, 10m langen Kabeln mit wasserdichtem Steckverbinder geliefert, es

sind aber auch andere Kabellängen verfügbar. Sie können auch nur mit Gegenstecker bestellt werden, der Anwender kann dann sein eigenes Kabel anbringen.

Von allen SMP-Pyranometern hat nur das SMP11 eine externe Trocknungspatrone, alle anderen sind mit einer internen Trocknungspatrone versehen, die 10 Jahre hält.

Das SMP3 ist kleiner und leichter als die anderen SMP-Pyranometer und mit einem 64-junction Thermoelement mit hoch absorptionsfähiger und hochempfindlicher Beschichtung ausgestattet, um die eingehende Strahlung zu erfassen und in ein elektrisches Signal umzuwandeln. Das Sensorelement ist durch einen hochwertigen, 4mm dicken Glasdom geschützt, das Gehäuse ist rundum versiegelt.

Das SMP6 hat ein ähnliches Sensorelement wie das SMP3, ist aber leistungsfähiger dank seiner größeren thermischen Masse und seines doppelten Glasdomes. Dessen Glas hat eine noch bessere Transmission ultravioletter Strahlung als das des SMP3 Doms. Die beiden konzentrischen Dome mit 2mm Dicke reduzieren den Richtungsfehler und verbessern die thermale Isolation. Die radiometrische Nivellierung ist genauer und das SMP6 hat eine interne Trocknungspatrone, die 10 Jahre hält.

SMP10 und SMP11 verfügen über 32-junction Thermoelemente und haben daher eine kürzere Ansprechzeit, eine bessere Linearität und einen breiteren Messbereich als SMP3 und SMP6, und sind zudem zusätzlich mit einer integrierten Temperaturkompensation versehen. Das SMP11 hat eine Trocknungspatrone mit auswechselbarem Trocknungsmittel. Das SMP10 hat eine interne Trocknungspatrone, die 10 Jahre hält.

Das SMP21 gleicht dem CMP11, ist aber mit einer individuell optimierten Temperaturkompensation versehen. Ein integrierter Thermistor überwacht die Gehäusetemperatur. Jedes SMP21 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 SMP22 verfügt über alle Eigenschaften des SMP21, ist aber mit hochwertigen 4mm 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.

Die Eigenschaften der SMP Pyranometer werden in einem der nachfolgenden Kapitel erläutert.

#### 1.1.2 Internationale Standards

Das SMP3 entspricht den Vorgaben der ISO 9060:1990 für ein Second Class Pyranometer.

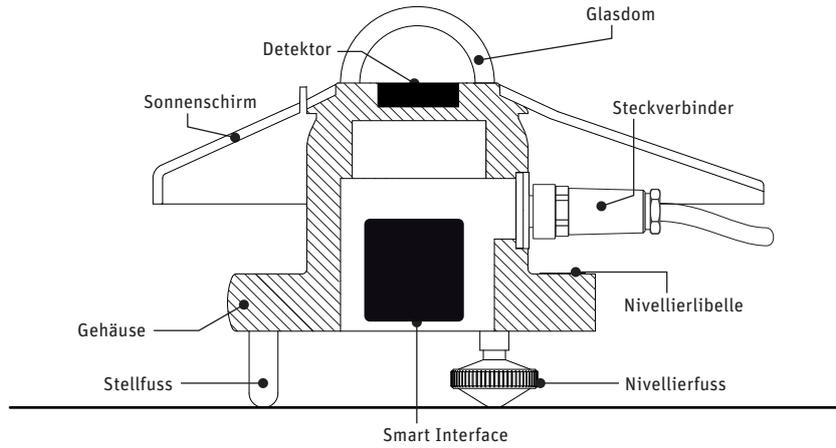
Das SMP6 entspricht den Vorgaben der ISO 9060:1990 für ein First Class Pyranometer.

SMP10, SMP11, SMP21 und SMP22 entsprechen den Vorgaben der ISO 9060:1990 für Secondary Standard Pyranometer.

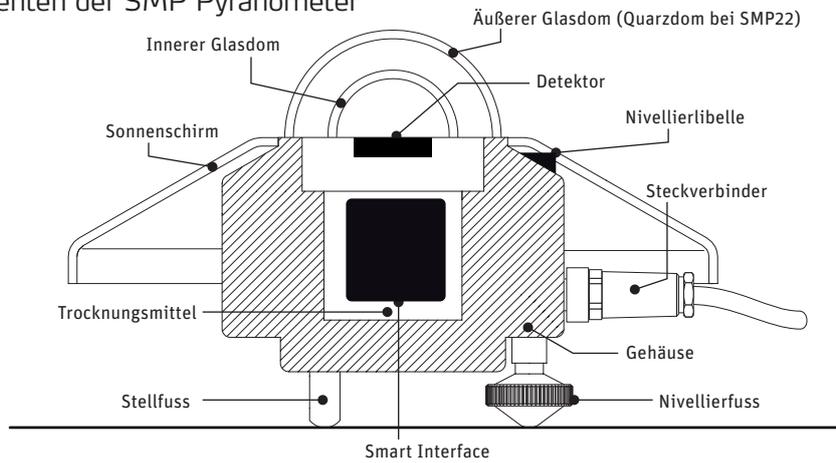
Die Pyranometer der SMP-Serie werden nach den Vorgaben in Anhang A.3 der ISO 9847 'Kalibrierung eines Feld-Pyranometers mit Hilfe eines Referenzpyranometers' kalibriert. Anhang A.3 berichtet über 'Kalibriereinrichtungen mit künstlicher Lichtquelle'. Die Kalibrierungen sind rückführbar auf die Welt Radiometrische Referenz (WRR) in Davos, Schweiz.

Die Pyranometer der SMP-Serie entsprechen der IEC 60904-1 'Photovoltaische Instrumente - Teil 1: Messung der photovoltaischen Strom-Spannungs-Charakteristiken'.

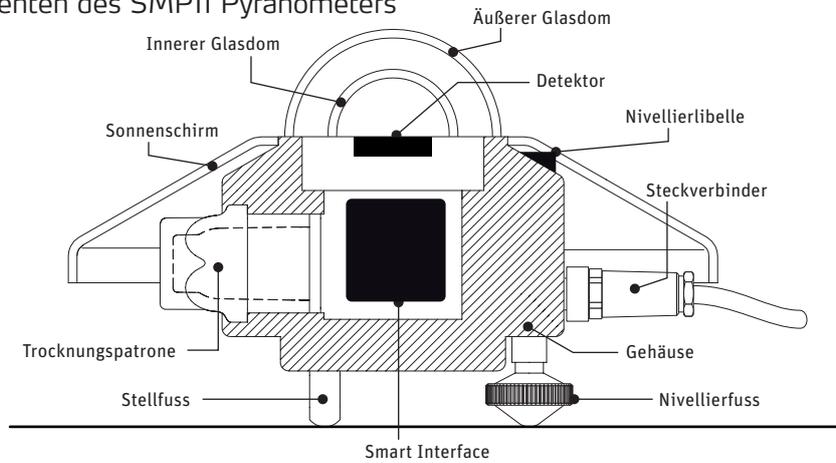
## 1.2 Hauptkomponenten des SMP3 Pyranometers



## 1.3 Hauptkomponenten der SMP Pyranometer



## 1.4 Hauptkomponenten des SMP11 Pyranometers





## 2. Installation

Bitte befolgen Sie die Anweisungen in diesem Kapitel, um die richtige mechanische und elektrische Installation der SMP-Pyranometer zu gewährleisten.



Schließen Sie das Gerät erst zum angegebenen Zeitpunkt an eine Spannungsversorgung an.

**Note** Schließen Sie das Gerät erst zum angegebenen Zeitpunkt an einen Computer an.

**Note** Schalten Sie den Computer erst zum angegebenen Zeitpunkt an.

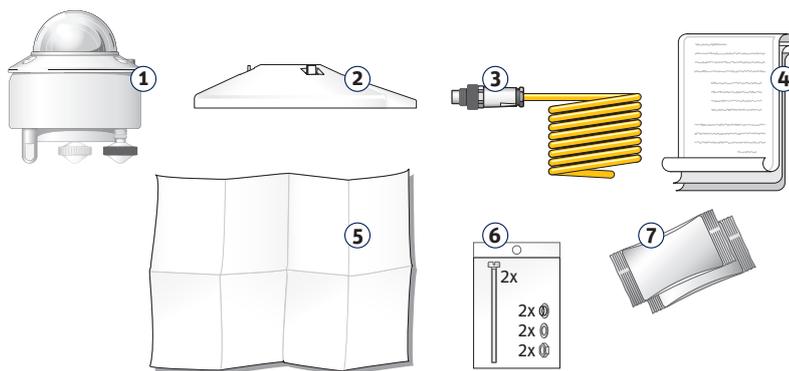
### 2.1 Lieferumfang

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 SMP-Radiometer wetterfest und für den Einsatz unter rauen Umgebungsbedingungen 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.

Die folgenden Komponenten sind im Lieferumfang der SMP Pyranometer enthalten:

- ① Smart Pyranometer
- ② Sonnenschirm
- ③ Kabel mit Steckverbinder (8-polig) oder nur Steckverbinder für kundeneigene Kabel
- ④ Kalibrierzertifikat
- ⑤ Kurzanleitung
- ⑥ Pyranometer Befestigungsmaterial SMP3; jeweils 2 Schrauben M5 x 30, M5 x 40 und M5 x 50 mm, Muttern, Unterlegscheiben  
Pyranometer Befestigungsmaterial SMP6 bis SMP22; 2 Schrauben M5 x 80 mm, Muttern, Unterlegscheiben, Nylon-Isolierring
- ⑦ 2 Päckchen Trocknungsmittel (nur beim SMP11)



## 2.2 Benötigtes Werkzeug

Um das Pyranometer auf einen Untergrund zu montieren, werden ein 4mm Inbusschlüssel (M5 Zylinderschraube) und ein 8 mm Gabelschlüssel (M5 Mutter) benötigt. Die Trocknungspatrone des SMP11 sollte normalerweise nur handfest eingeschraubt sein, aber um sie loszuschrauben, kann auch 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 nachstehend.

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 die SMPs mit internem Trocknungsmittel, das bis zu 10 Jahre nach der Kalibrierung hält (Kalibrierdatum steht auf dem Geräteaufkleber und im Kalibrierzertifikat).

Wird der Digitalausgang des Gerätes verwendet, empfiehlt es sich, die Modbus® Adresse vor dessen Installation einzustellen, ansonsten werden ein Computer und RS-485 / USB Konverter vor Ort benötigt.

## 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%.

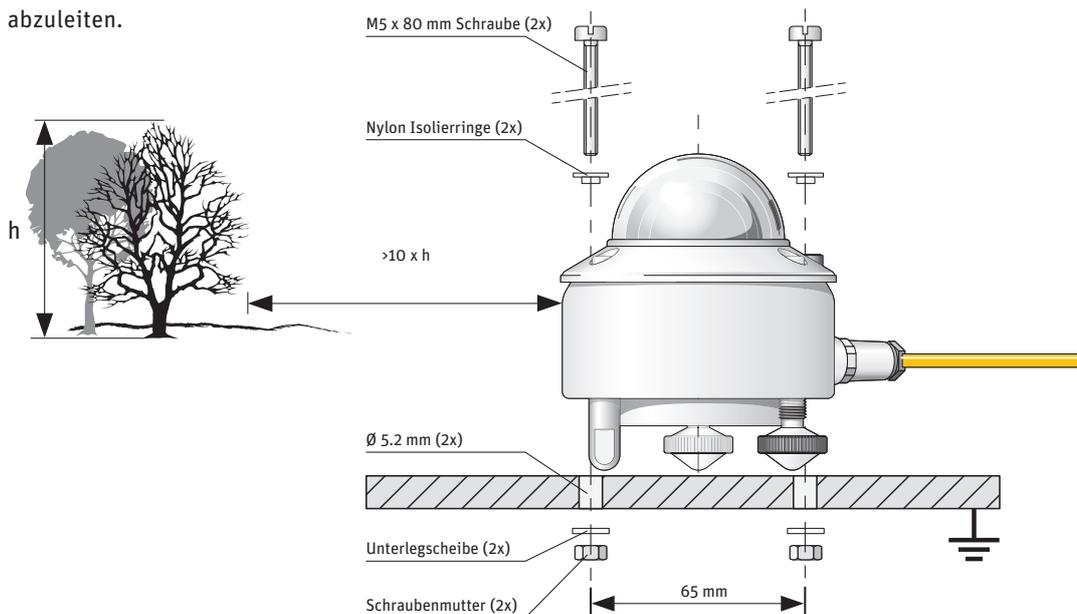
Es ist offensichtlich, dass ein Radiometer so installiert werden sollte, dass zu keiner Zeit ein Schatten darauf fällt (z. B. durch Masten o. ä.). Es ist zu beachten, dass heiße Abgase (über 100°C) eine Strahlung produzieren, die im Spektralbereich des Radiometers liegt und somit Messabweichungen verursachen 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 (bei Geräten mit Trocknungspatrone) des Trocknungsmittels zu jeder Zeit frei zugänglich sein.

## 2.4.2 Montage

Das SMP 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. 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 verhindern.

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 bestehen bleiben, um durch Blitze verursachte Spannungen in der Kabelabschirmung abzuleiten.



**Note** Bei einer Re-Installation (z. B. nach der Rekalibrierung) ist darauf zu achten, dass die Nylonringe wieder angebracht 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 Montagegestangen 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.

**Note** Idealerweise sollte sich die Luftblase genau in der Mitte des Ringes befinden, das Pyranometer ist aber selbst dann 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 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 handfest 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.

**Note** 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). Es empfiehlt sich, die Nivellierfüße zunächst auf einer horizontalen Fläche voreinzustellen, damit das Instrument dann leichter parallel zur geneigten Fläche installiert werden kann. 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.

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

#### 2.6 Installation zur Messung der reflektierten Strahlung

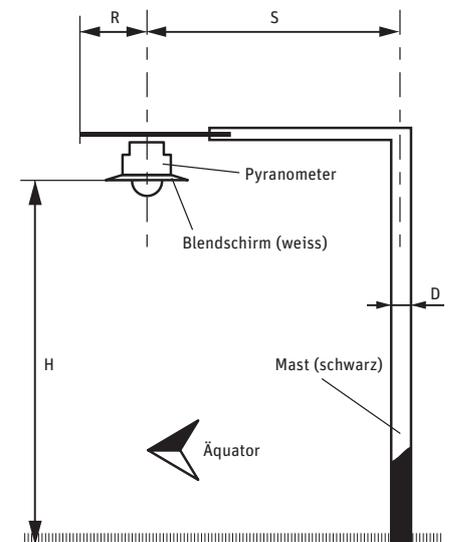
In umgekehrter Position misst das Pyranometer die reflektierte Globalstrahlung. Die beste Montagehöhe hierüber einer Oberfläche (H) hängt von deren Beschaffenheit ab. Die WMO empfiehlt eine Höhe von 1 bis 2 Metern über einer Oberfläche mit gleichmäßig kurzem Gras.

Die Montagevorrichtung sollte das Sichtfeld des Pyranometers nicht zu sehr stören. Die Montageplatte über dem Pyranometer verhindert die Aufheizung des Gehäuses durch einfallende Strahlung. Der optionale Blendschirm hat einen Winkel von 5° und dient dazu, die direkte Einstrahlung auf den Glasdom bei Sonnenauf- und untergang zu verhindern. Es gibt den Blendschirm als Option für alle SMP Pyranometer, ausgenommen für das SMP3.

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

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 SMP3 ergeben ein Albedometer, indem man mit Hilfe des Standard-Befestigungsmaterials die Geräte Boden an Boden montiert und der Montagestab in eines der beiden Gehäuse geschraubt wird. Für alle anderen SMP Pyranometer benötigt man eine Montagevorrichtung. Die Montagevorrichtung CMF1 ist für unventilierte, die CMF4 für ventilierte Instrumente. Für das SMP3 gibt es keine Ventilationseinheit.

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

## 2.8 Installation zur Messung der Diffusstrahlung

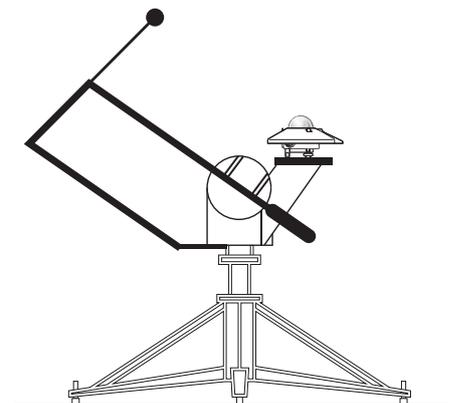
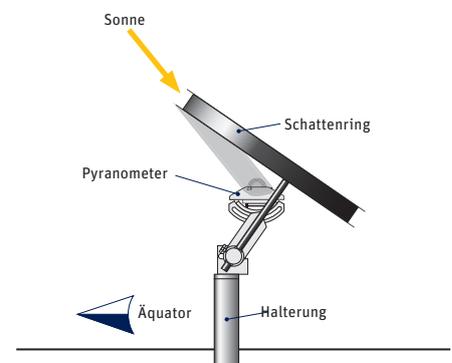
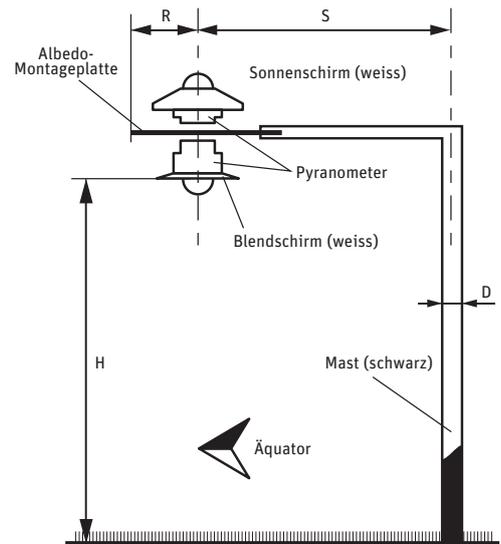
Für die Messung der Diffusstrahlung muss die Direktstrahlung auf den Pyranometer Dom blockiert werden.

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 CM121, ist für den Einsatz auf sämtlichen Längengraden geeignet.

Die Alternative zum Schattenring ist ein automatischer zweiachsiger Tracker, z. B. ein Modell von Kipp & Zonen. Der Tracker verwendet die Information über seinen Standort und die Uhrzeit, um die Position der Sonne auszurechnen und sich so bei jedem Wetter exakt auf diese auszurichten.

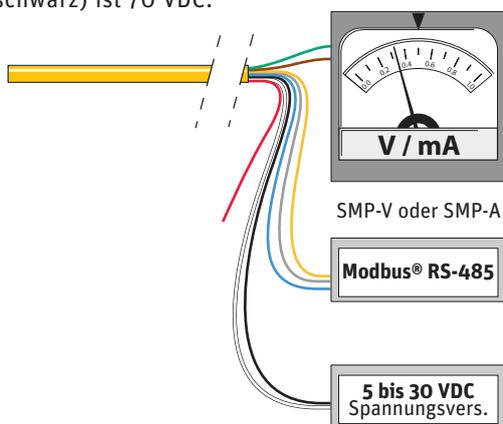
Der Tracker kann zusätzlich mit einer Abschattungsvorrichtung versehen werden, deren Schattenball dann das Jahr über den Pyranometerdom beschattet, ohne nachjustiert werden zu müssen.



## 2.9 Elektrische Anschlüsse

Die SMP Pyranometer werden standardmäßig mit 10 m hochwertigem 8-poligem Kabel mit Abschirmung in schwarzer Hülse geliefert. Optional sind auch längere Kabel erhältlich. Die Pin-Belegung der Kabel und Steckverbinder ist untenstehend und in der Kurzanleitung angegeben.

Beim Anschluss der SMP an die verschiedenen Auslesegeräte ist unbedingt zu beachten, dass Strom- oder Erdschleifen vermieden werden. Der Anschluss der RS-485 an einen geerdeten Stromkreis und des Analogausganges an einen erdfreien Schaltkreis kann unwägbar Erdschleifen verursachen. Dies kann zu Differenzspannungen außerhalb der SMP Spezifikationen führen und das Gerät beschädigen. Wir empfehlen daher, unbedingt entweder nur den Analogausgang oder nur den Digitalausgang zu benutzen, aber niemals beide zusammen. Die maximale Differenzspannung zwischen den Modbus® RS-485 Leitungen (gelb und grau) und der Massepotential- / RS-485 Leitung (schwarz) ist 70 VDC.



Radiometer Anschluss		
Ader	Funktion	Anschluss an
3 Grün	Analog aus	V+/4-20 mA(+)
6 Braun	Analog Erdung	V-/4-20 mA(-)
4 Gelb	Modbus® RS-485	B/B'+
5 Grau	Modbus® RS-485	A/A'-
7 Weiss	Spannung 5 bis 30 VDC (12 V empfohlen)	
8 Schwarz	Massepotential / RS-485	
1 Rot	Keine	Nicht angeschlossen
2 Blau	Modbus® / Erdung	
Abschirmung	Gehäuse	Erdung *

\* Anschluss an Erde wenn das Radiometer nicht geerdet ist



Zuerst müssen alle Leitungen angeschlossen werden, bevor das Radiometer angesteckt wird.



Die Abschirmung des Kabels ist über den Stecker 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, die Kabelabschirmung aber 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, dies wird dann aber über das Pyranometer oder Auslesegerät abgeleitet.

### Note

Die Verwendung langer Kabel ist möglich, aber der Kabelwiderstand sollte weniger als 0.1 % des Widerstandes des Auswertegerätes für die Analogausgänge betragen, und beim digitalen RS-485 Anschluss könnte die Baudrate beeinflusst werden.

### 2.9.1 Netzanschluss

Die Mindestspannungsversorgung für die SMP Pyranometer ist 5 VDC. Jedoch sollten es für eine optimale Leistung 12 VDC sein, insbesondere, wenn lange Kabel verwendet werden. Eine 5-Volt Spannungsversorgung kann nur mit einem maximal 10m langen Kabel eingesetzt werden.

Es empfiehlt sich, den Ausgang der Spannungsversorgung mit einer flinken Sicherung von max. 250 mA zu schützen.

5 VDC	50 mW	(ca. 10.0 mA)
12 VDC	55 mW	(ca. 4.5 mA)
24 VDC	60 mW	(ca. 2.5 mA)

Maximale Leistungsaufnahme 65 mW bei höchster Eingangsspannung.  
 Maximaler Eingangsstrom 12.5 mA bei niedrigster Eingangsspannung.  
 Maximaler Einschaltstrom 200 mA.

5 VDC	77 mW	(ca. 28 mA mit 100 Ω Lastwiderstand)
12 VDC	83 mW	(ca. 24 mA mit 100 Ω Lastwiderstand)
24 VDC	100 mW	(ca. 6 mA mit 100 Ω Lastwiderstand)

Die oben aufgeführten mW- Werte repräsentieren die Dissipation im SMP-A. Für die gesamte Leistungsaufnahme muss die Energie im Lastwiderstand hinzugenommen werden.

Für Versorgungsspannungen unter 12 Volt oder über 20 Volt empfiehlt sich ein Lastwiderstand unter 500 Ω um den Verbrauch so gering wie möglich zu halten.

### 2.9.2 Datenanschluss

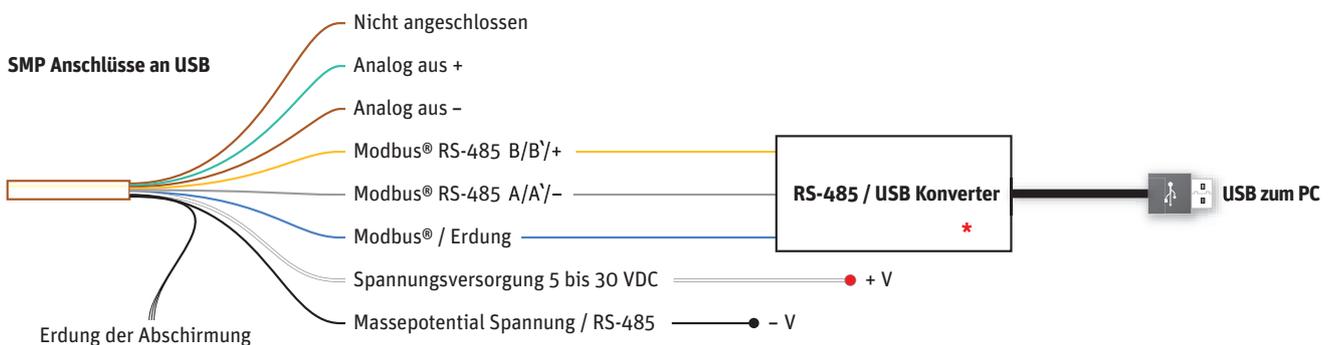
#### Anschluss an einen PC mittels Universalbus (USB)

Für den Anschluss wird eine Verbindung von RS-485 zum USB-Konverter benötigt.



Der Konverter **muss** über eine galvanische Trennung zwischen Ein- und Ausgängen verfügen, damit die digitale Schnittstelle der SMP Pyranometer nicht beschädigt wird. Dies gilt vor allem für tragbare Computer, wie z. B. Laptops, etc. bei denen die Netzteile große Spannungsspitzen erzeugen können.

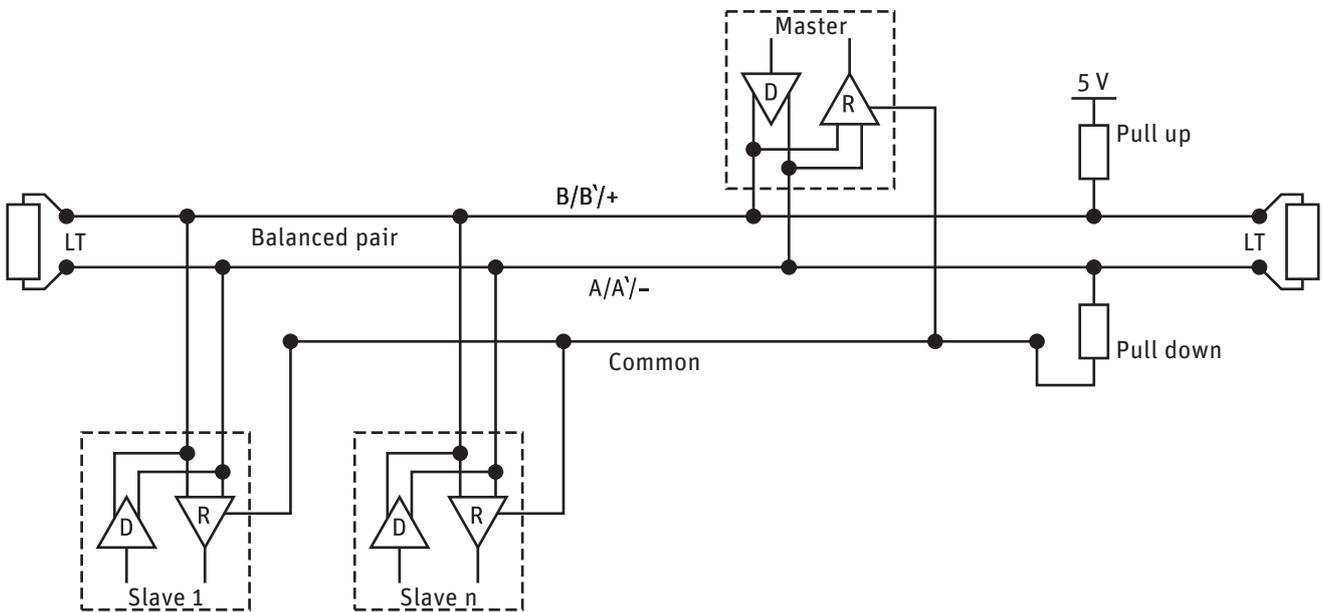
Geeignet ist z. B. der Konverter USOPTL4 von B & B Electronics. An einem Ende befindet sich ein USB Anschluss für den PC und am anderen Ende eine Klemmleiste für die Geräteadern. Dieser RS-485 Konverter wird über die USB-Schnittstelle gespeist, es wird kein zusätzlicher Spannungsadapter benötigt.



**\*Note** Die Schalter am Konverter USOPTL4 müssen auf RS-485, 2-Draht Betrieb und Echo 'aus' gestellt sein.

### Anschluss an ein RS-485 Netzwerk

Die digitale Schnittstelle kann wie nachfolgend gezeigt an ein 2-Draht RS-485 Netzwerk angeschlossen werden.



Bei Slave und Master kann es sich um ein SMP Pyranometer oder ein anderes Gerät handeln. Ist das SMP Pyranometer das letzte Gerät in einem Netzwerk, muss zwischen den Klemmen A/A'- und B/B'+ ein Leitungsabschluss, bestehend aus einem 120 Ω oder 150 Ω Widerstand, angeschlossen werden. Dieser Leitungsabschluss darf aber nie am Abzweigkabel angeschlossen werden. Ebenso müssen der Pull-up und der Pull-down Widerstand wie gezeigt angeschlossen werden. Deren Widerstandswert muss zwischen 650 Ω und 850 Ω liegen.

### 2.9.3 Analoger Spannungsausgang

Die SMP-V Pyranometer (Version mit Spannungsausgang) sind herstellerseitig so konfiguriert, dass der Ausgang 0 Volt = -200 W/m<sup>2</sup> (wird aber praktisch nie erreicht), und der Ausgang 1 Volt im Vollbereich = 2000 W/m<sup>2</sup> entspricht.

Der Spannungsausgangsbereich in W/m<sup>2</sup> kann vom Anwender mittels der mitgelieferten PC Software geändert werden. Die maximale empfohlene Strahlungsaufnahme für das SMP3 und SMP6 ist 2000 W/m<sup>2</sup> und 4000 W/m<sup>2</sup> für alle anderen SMPs.

Der Messbereich muss mit einem negativen Wert beginnen, um (kleine) negative Signale aufzuzeigen, zum Beispiel nächtliche Offsets, da der analoge Ausgang nicht ins Minus gehen kann. Für die Default-Einstellung von 0 bis 1 Volt = -200 bis 2000 W/m<sup>2</sup> ist der eigentliche Bereich = 2200 W/m<sup>2</sup> mit einem Null-Offset von 200 W/m<sup>2</sup>.

Der Strahlungswert ( $E_{\downarrow solar}$ ) für die Default-Einstellung kann wie folgt berechnet werden:

$$E_{\downarrow solar} = (V \times 2200) - 200$$

$E_{\downarrow solar}$  = Solarstrahlung [W/m<sup>2</sup>]

V = Radiometerausgang [Volt]

Wird das Pyranometer in atmosphärischen Bedingungen eingesetzt, empfiehlt es sich, die herstellerseitige Einstellung so zu belassen.

#### 2.9.4 Analoger Stromausgang

Die SMP-A Pyranometer (Version mit Stromausgang) sind herstellerseitig so konfiguriert, dass der Ausgang 4 mA = 0 W/m<sup>2</sup> und der Ausgang 20 mA im Vollbereich = 1600 W/m<sup>2</sup> entspricht.

Der Stromausgangsbereich W/m<sup>2</sup> kann vom Anwender mittels der mitgelieferten PC Software geändert werden. Die maximale empfohlene Strahlungsaufnahme für das SMP3 und SMP6 ist 2000 W/m<sup>2</sup> und 4000 W/m<sup>2</sup> für alle anderen SMPs.

Bei negativem Eingang geht der Ausgang unter 4 mA und kein Null-Offset ist notwendig.

Für die Default-Einstellung von 4 bis 20 mA = 0 bis 1600 W/m<sup>2</sup>, repräsentiert jedes mA = 100 W/m<sup>2</sup>.

Der Strahlungswert ( $E_{\downarrow\text{solar}}$ ) für die Default-Einstellung kann wie folgt berechnet werden:

$$E_{\downarrow\text{solar}} = (\text{mA} - 4) \times 100$$

$E_{\downarrow\text{solar}}$  = Solarstrahlung [W/m<sup>2</sup>]

mA = Radiometerausgang [mA]

#### 2.9.5 Empfohlene Kabel

Wenn Kabel verlängert werden müssen, oder der Anwender sein eigenes Kabel verwenden möchte, sollten diese auf jeden Fall für den Einsatz draußen geeignet und UV-beständig sein.

RS-485	Ethernet CAT 5 abgeschirmt, verdreht (STP)
0 bis 1 V	Abgeschirmtes 2-adriges Signalkabel
4 bis 20 mA	Abgeschirmtes, verdrehtes Steuerkabel



## 3. Zubehör

Nachfolgend eine kurze Beschreibung des für die Pyranometer der SMP Serie verfügbaren Zubehörs. Detaillierte Informationen gibt es auf unserer Internetseite [www.rg-messtechnik.de](http://www.rg-messtechnik.de), auf der auch sämtliche Broschüren und Anleitungen angesehen und heruntergeladen werden können.

### 3.1 Messung der Diffusstrahlung

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

**Schattenring CM121B für das SMP3 oder SMPs ohne Ventilation**

**Schattenring CM121C für SMP6 bis SMP22 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 vollautomatisch mittels eines Trackingsystemes mit Abschattungsvorrichtung erfolgen:

**SOLYS2 Tracker + Abschattungsvorrichtung**

**SOLYS Gear Drive Tracker + Abschattungsvorrichtung**

### 3.2 Ventilation

Um die Messgenauigkeit der Pyranometer SMP6 bis SMP22 noch zu verbessern, kann die Ventilationseinheit CVF4 eingesetzt werden. Die CVF4 verfügt über einen Tachoausgang für die Überwachung der Lüftergeschwindigkeit und eine 5 Watt, sowie eine 10 Watt Heizung. Die Vorteile hierdurch sind:

**Geringere thermale Offsets**

**Kein Niederschlag und weniger Schmutz auf dem Dom**

**Frost, Schnee oder Eis schmelzen ab und**

**die Dome müssen weniger oft gereinigt werden**

### 3.3 Montagevorrichtungen

Für die Montage von Pyranometern gibt es folgende Vorrichtungen:

**Ein Montagestab für das SMP3**

**Die CMF1 Montagevorrichtung (mit Stab) für ein oder zwei SMP Pyranometer ohne Ventilation**

**Die CMF4 Montagevorrichtung (mit Stab) ein oder zwei SMP Pyranometer mit Ventilation**

**Die CMB1 Halterung zur Anbringung der jeweiligen Montagestäbe an eine Stange, einen Mast oder eine Wand**

**Die winkelverstellbare Montagevorrichtung erlaubt die Neigung des SMP Pyranometers (z. B. in den selben Winkel wie PV-Module). Hierfür ist sie mit einer Einstellskala versehen.**

### 3.4 Blendschirm-Kit

Werden die Pyranometer SMP6 bis SMP22 nach unten gerichtet zur Messung der reflektierten Strahlung montiert, sollten die Geräte jeweils 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 untergang.

### 3.5 Kabel

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

**25 m Kabel mit Steckverbinder**

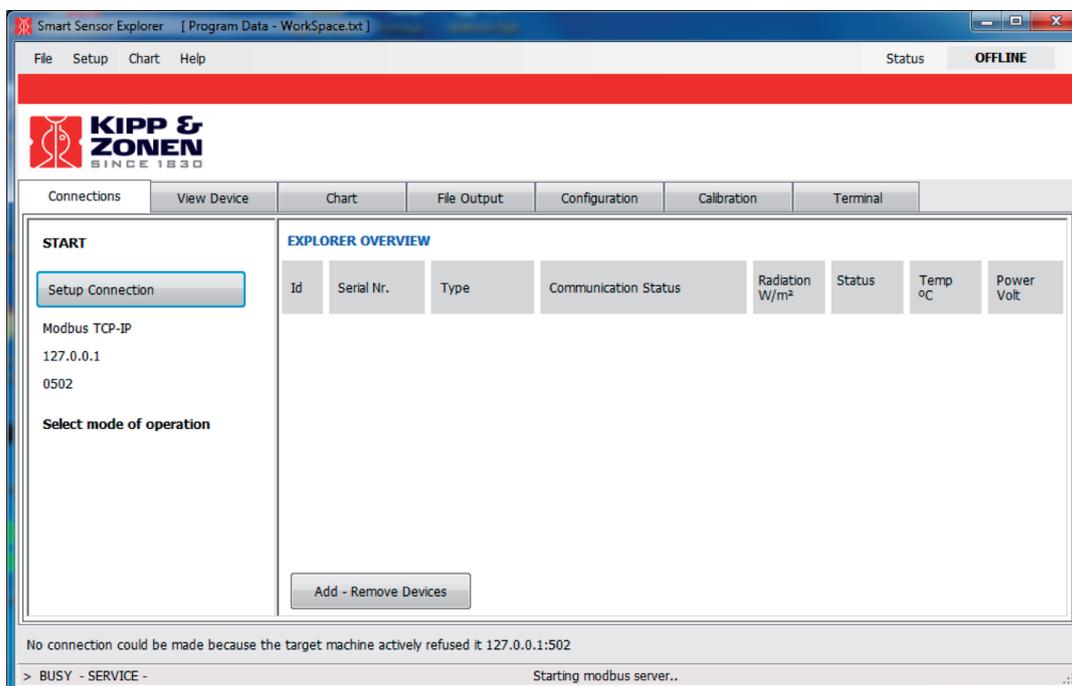
**50 m Kabel mit Steckverbinder**

**Steckverbinder ohne Kabel**



## 4. SmartExplorer Software und Modbus® Kommunikation

Die SmartExplorer Software dient zu Konfiguration der Smart-Sensoren und Aufzeichnung von Echtzeitdaten. Sie läuft mit Windows Vista, Windows 7 und 8 und bei Installation von Downloads mit dem .NET 4.5 Framework vom Microsoft Server.



Um ein Smart-Radiometer an einen PC oder eine RS-485 anzuschließen, wird ein USB-Konverter benötigt. Am besten geeignet ist ein isolierter Konverter, wie z. B. der USOPTL4 von B&B, zur Sicherheit und zum Schutz des PCs.

- Die Option "Konfiguration" ermöglicht die "out-of-the-box" Konfiguration und das Testen eines Smart-Sensors noch bevor er in einem Messaufbau installiert ist.
- Die SmartExplorer Software kann über ein RS-485 Interface über USB oder Ethernet mit dem PC kommunizieren
- Die Erfassung von Daten ermöglicht deren Speicherung in kommagetrennten Dateien, die entweder jeden Tag oder am Wochenbeginn neu erstellt werden.
- Die für alle "Smarten Radiometer" (SMP, SHP, SGR, SUV) geeignete SmartExplorer Software kann darüber hinaus bis zu 10 Instrumente gleichzeitig überwachen und deren Meßdaten erfassen.

Die Anleitung zur Software enthält detaillierte Informationen zur Konfiguration, Überwachung und Erfassung von Daten der SmartSensoren. Die neueste Version der Anleitung steht auf der unserer Internetseite [www.rg-messtechnik.de](http://www.rg-messtechnik.de) als Download zur Verfügung.

Die herstellerseitig hinterlegten Parameter für alle Smart-Sensoren sind:

- Baudrate: '19200 baud'
- Größe und Parität: '8 bits - even - 1 stopbit'
- Modbus® Adresse: 1



## 5. Funktionsweise und Messung

Um zu messen, benötigen die Pyranometer der SMP Serie eine geeignete Spannungsversorgung und eine geeignete Strahlungsquelle (Licht). Sie sollten aber an ein Auswertegerät oder einen Datenlogger angeschlossen werden, um die Messungen zu dokumentieren, sie selbst haben keinen internen Datenspeicher.

### 5.1 Datenerfassung

Optimal sind 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 Analogausgangsbereich des Pyranometers und der Eingangsbereich des Datenerfassungsgerätes müssen für eine maximale Auflösung und Minimierung von Störsignalen sorgfältigst angepasst werden.

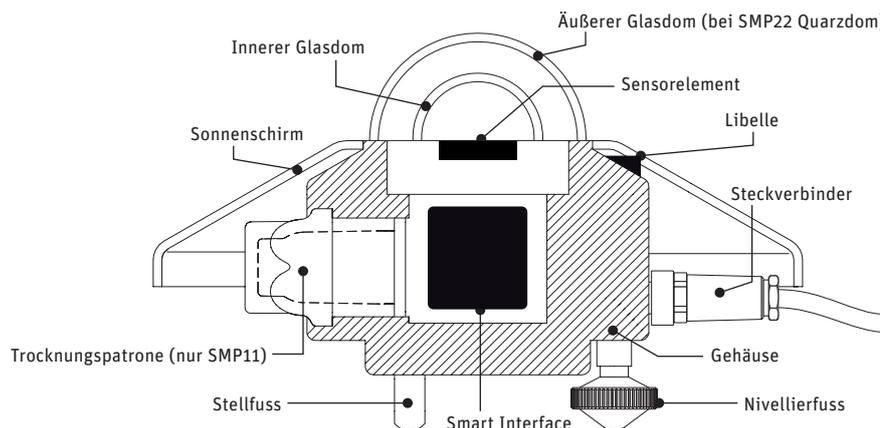
Hierzu nimmt man am besten den maximalen zu erwartenden Analogausgang des Pyranometers und den minimalsten Eingangsbereich des Auswertegerätes, der das Signal noch verarbeiten kann.

### 5.2 Hauptkomponenten der SMP Pyranometer Serie

Beim Sensorelement der SMP Pyranometer handelt es sich um ein passives thermosensitives Element, die sog. Thermosäule. Obwohl die Sensorkonstruktion der verschiedenen Modelle unterschiedlich ist, ist das Funktionsprinzip bei allen SMP Pyranometern 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 SMP3 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.



Eine Trocknungspatrone im Radiometergehäuse des SMP11 ist mit Silika-Gel gefüllt und verhindert, dass die Dome, die in klaren, windlosen Nächten erheblich abkühlen können, innen beschlagen. Die anderen SMP Pyranometer sind versiegelt und mit einer internen, nicht austauschbaren Trocknungspatrone versehen. Dieses interne Trocknungsmittel hält mindestens 10 Jahre.

### 5.2.1 Glasdom / Quarzdom

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 SMP3 Pyranometer haben einen einfachen, 4 mm dicken Dom aus optischem Glas. Die anderen SMP Pyranometer 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 SMP3 ist. Das SMP22 verfügt über zwei 4 mm dicke Dome aus hochwertigem, optischem Quarz, um Offsets zu minimieren und für einen breiteren Spektralbereich.

### 5.2.2 Detektorelement

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 Konfigurationsspeicher des SMP Pyranometers hinterlegt.

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.

### 5.2.3 Gehäuse

Das Instrumentengehäuse beherbergt alle wesentlichen Bestandteile der SMP Pyranometer. 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 SMP Pyranometer praktisch versiegelt und entsprechen der internationalen Schutzklasse IP 67. Die SMP Pyranometer verfügen über einen Standfuss und zwei verstellbare Schraubfüße und können so mittels der neben dem Dom befindlichen Nivellierlibelle ausgerichtet werden. Diese Nivellierlibelle kann bei den Geräten SMP6 bis SMP22 von oben durch die Aussparung am Sonnenschirm eingesehen werden. Der Sonnenschirm soll alle externen Teile schützen und die Aufheizung des Gehäuses reduzieren.

### 5.2.4 Trocknungspatrone

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. Bei den SMP Pyranometern, mit Ausnahme des SMP11, ist dieses Trocknungsmittel intern und hält

über 10 Jahre, wird aber im Rahmen der Rekalibrierung bei einer Kipp & Zonen Servicestelle automatisch ausgetauscht. Das SMP11 hat eine externe Trocknungspatrone und das Trocknungsmittel ist in frischem Zustand orange. Mit der Zeit und zunehmendem Sättigungsgrad verliert es an Farbe und wird durchsichtig. Obwohl es zu diesem Zeitpunkt noch nicht gesättigt ist, sollte es auf jeden Fall so schnell wie möglich durch frisches Trocknungsmittel ersetzt werden. Dieses kann jederzeit über die zuständige Kipp & Zonen Vertretung bezogen werden..

#### 5.2.5 Kabel und Stecker

Um die Installation und Rekalibrierung der Radiometer zu erleichtern, sind die SMP Pyranometer mit einer wasserdichten Steckerbuchse versehen. Dazu gibt es ein hochwertiges gelbes Kabel mit passendem Stecker, das rauscharm, temperatur- und UV-beständig ist.

Es gibt die steckbaren Kabel in verschiedenen Längen: 10m (Standardlänge), 25m, 50m und 100m. Es gibt den Stecker aber auch lose, wenn ein eigenes Kabel angebracht werden soll.



## 6. Wartung und Rekalibrierung

Die SMP Pyranometer sind einfach instand zu halten und es wird kein spezielles Werkzeug oder eine Einweisung benötigt. Es gibt keine Komponenten, die regelmäßig ersetzt werden müssten, lediglich beim SMP11 muss bei Bedarf das Trocknungsmittel erneuert werden.

### 6.1 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 der Reinigung hängt stark von den örtlichen Wetter- und Umweltbedingungen ab, z. B. Staub, Schmutzpartikel in der Luft oder auch salzhaltige Luft in maritimer Umgebung. Idealerweise sollte der Dom eines Pyranometers jeden Morgen vor Sonnenaufgang abgewischt werden. Auf jeden Fall können die Reinigungszyklen durch den Einsatz einer Ventilationseinheit, deren Heizung bei Bedarf zugeschaltet werden kann, verlängert werden.

**Note** Die Reinigung sollte immer mit einem weichen und fusselfreien, bei sehr starker Verschmutzung mit Alkohol getränktem, Tuch erfolgen. Es ist darauf zu achten, dass keine Schlieren oder Ablagerungen auf dem Dom zurück bleiben.

### 6.2 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, 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.

**Note** Schrauben Sie die Kartusche nicht zu fest ein, damit die Dichtung nicht gequetscht wird.

Das Trocknungsmittel kann jederzeit über die zuständige Kipp & Zonen Vertretung (Bestellnummer 2643960) bezogen werden. Ein Tütchen reicht für eine Befüllung.

Überprüfen Sie, ob das Pyranometer richtig nivelliert und der Sonnenschirm richtig eingeklickt ist.

### 6.3 Jährliche Wartung

Überprüfen Sie alle elektrischen Anschlüsse. Schrauben Sie das Kabel ab, reinigen Sie bei Bedarf 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.

### 6.4 Kalibrierung

Idealerweise sollte ein Radiometer immer ein konstantes Verhältnis von Spannungsausgang zum absoluten Strahlungsniveau aufweisen. Dieses Verhältnis wird als Konstante (die Sensorempfindlichkeit) ausgedrückt. Die SMP Pyranometer 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 bei Kipp & Zonen oder einem autorisierten Kipp & Zonen Kalibrierlabor durchgeführt wird.

#### 6.4.1 Kalibrierprinzip

In den Kipp & Zonen Laboren 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. Hierfür verwendet Kipp & Zonen eine Metallhalogenid-Dampfampe mit Spannungsstabilisation. Die Einstrahlung auf die Radiometer beträgt hier ca. 500 W/m<sup>2</sup>.

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, inklusive der Programmierung der SMP Pyranometer mit dem neuen Kalibrierfaktor und der Ausgangskonfiguration.

Kipp & Zonen bietet auch eine Kalibriereinrichtung für Kunden an, die Ihre Geräte selbst nach ISO 9847, Anhang A.3.1. kalibrieren möchten und es gibt hier für die Kalibrierung der SMP Pyranometer ein spezielles Interface.

#### 6.4.2 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.

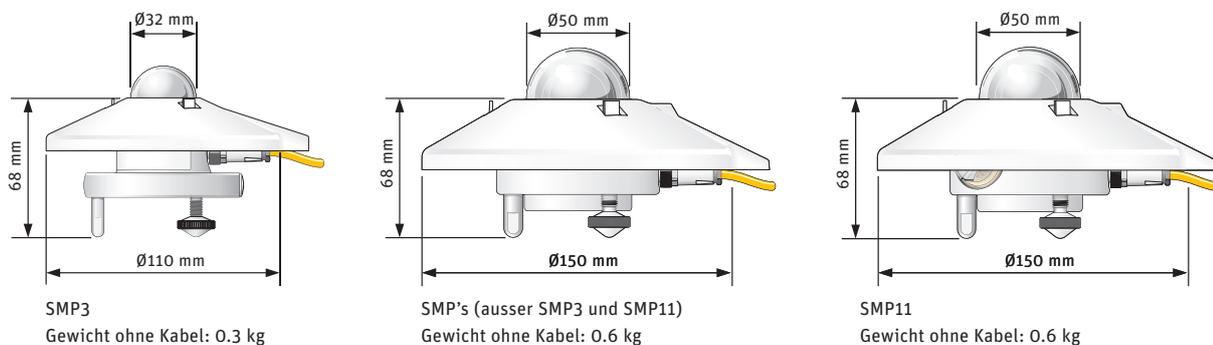
## 7. Spezifikationen

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

### 7.1 Optisch und elektrisch

Spezifikationen	SMP3	SMP6	SMP10 und SMP11	SMP21	SMP22	
Klassifizierung nach ISO 9060:1990	Second Class	First Class	Secondary Standard	Secondary Standard	Secondary Standard	
Analogausgang • V-Version	0 bis 1V	0 bis 1V	0 bis 1V	0 bis 1V	0 bis 1V	
Analogausgangsbereich*	-200 bis 2000 W/m <sup>2</sup>	-200 bis 2000 W/m <sup>2</sup>	-200 bis 2000 W/m <sup>2</sup>	-200 bis 2000 W/m <sup>2</sup>	-200 bis 2000 W/m <sup>2</sup>	
Analogausgang • A-Version	4 bis 20 mA	4 bis 20 mA	4 bis 20 mA	4 bis 20 mA	4 bis 20 mA	
Analogausgangsbereich*	0 bis 1600 W/m <sup>2</sup>	0 bis 1600 W/m <sup>2</sup>	0 bis 1600 W/m <sup>2</sup>	0 bis 1600 W/m <sup>2</sup>	0 bis 1600 W/m <sup>2</sup>	
Serieller Ausgang	RS-485 Modbus®	RS-485 Modbus®	RS-485 Modbus®	RS-485 Modbus®	RS-485 Modbus®	
Serieller Ausgangsbereich	-400 bis 2000 W/m <sup>2</sup>	-400 bis 2000 W/m <sup>2</sup>	-400 bis 4000 W/m <sup>2</sup>	-400 bis 4000 W/m <sup>2</sup>	-400 bis 4000 W/m <sup>2</sup>	
Genauigkeit der Instrumente	Ansprechzeit (63%)	< 1.5 s	< 1.5 s	< 0.7 s	< 0.7 s	< 0.7 s
	Ansprechzeit (95%)	< 12 s	< 12 s	< 2 s	< 2 s	< 2 s
	Spektralbereich (20% points)	285 bis 3000 nm	270 bis 3000 nm	270 bis 3000 nm	270 bis 3000 nm	210 bis 3600 nm
	Spektralbereich (50% points)	300 bis 2800 nm	285 bis 2800 nm	285 bis 2800 nm	285 bis 2800 nm	250 bis 3500 nm
	Null-Offsets (unventiliert) (a) Thermalstrahlung (bei 200 W/m <sup>2</sup> ) (b) Temperaturabhängigkeit (5 K/h)	< 15 W/m <sup>2</sup> < 5 W/m <sup>2</sup>	< 10 W/m <sup>2</sup> < 4 W/m <sup>2</sup>	< 7 W/m <sup>2</sup> < 2 W/m <sup>2</sup>	< 7 W/m <sup>2</sup> < 2 W/m <sup>2</sup>	< 3 W/m <sup>2</sup> < 1 W/m <sup>2</sup>
	Stabilitätsabweichung (pro Jahr)	< 1%	< 1%	< 0.5%	< 0.5%	< 0.5%
	Nichtlinearität (100 bis 1000 W/m <sup>2</sup> )	< 1.5%	< 1%	< 0.2%	< 0.2%	< 0.2%
	Richtungsfehler (bis zu 80° bei 1000 W/m <sup>2</sup> Einstrahlung)	< 20 W/m <sup>2</sup>	< 15 W/m <sup>2</sup>	< 10 W/m <sup>2</sup>	< 10 W/m <sup>2</sup>	< 5 W/m <sup>2</sup>
	Temperaturverhalten	< 2% (-20°C bis +50°C) < 4% (-40°C bis +70°C)	< 1.5% (-20°C bis +50°C) < 3% (-40°C bis +70°C)	< 1% (-20°C bis +50°C) < 2% (-40°C bis +70°C)	< 0.3% (-20°C bis +50°C) < 0.3% (-40°C bis +70°C)	< 0.3% (-20°C bis +50°C) < 0.3% (-40°C bis +70°C)
	Spektrale Selectivität (350 bis 1500 nm)	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%	< 2%
	Neigungsfehler (0° bis 90° bei 1000 W/m <sup>2</sup> )	< 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°
Leistungsaufnahme (bei 12VDC)	V-Version: 55 mW A-Version: 100 mW	V-Version: 55 mW A-Version: 100 mW	V-Version: 55 mW A-Version: 100 mW	V-Version: 55 mW A-Version: 100 mW	V-Version: 55 mW A-Version: 100 mW	
Spannungsversorgung	5 bis 30VDC	5 bis 30VDC	5 bis 30VDC	5 bis 30VDC	5 bis 30VDC	
Sensorelement	Thermosäule	Thermosäule	Thermosäule	Thermosäule	Thermosäule	
Betriebs- und 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%	0 bis 100%	0 bis 100%	0 bis 100%	0 bis 100%	
MTBF (Mean Time Between Failures) **	> 10 Jahre	> 10 Jahre	> 10 Jahre	> 10 Jahre	> 10 Jahre	
IP-Schutzklasse	67	67	67	67	67	
Software, Windows™	Smart Sensor Explorer Software, für Konfiguration, Test und Datenaufzeichnung					
* kann mittels Smart Explorer Software eingestellt werden						
** extrapoliert nach der Einführung im Januar 2012						
Achtung: Diese Spezifikationen stellen den ungünstigsten Fall bzw. Maximalwerte dar						

### 7.2 Dimensionen und Gewicht





## 8. Störungsbeseitigung

Es gibt keine Verschleißteile in den SMP Pyranometern. Sie dürfen ohne Abstimmung mit / oder Genehmigung von Kipp & Zonen nicht geöffnet werden.

### 8.1 Ausgangssignal nicht vorhanden oder fehlerhaft

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

1. Überprüfen Sie, ob die Radiometerkabel korrekt an das Auswertinstrument angeschlossen sind.
2. Überprüfen Sie die Spannungsversorgung (12 VDC empfohlen).
3. Überprüfen Sie, ob das Gerät eine eindeutige Modbus® Adresse hat.
4. Vergleichen Sie den digitalen und den analogen Ausgang, ob sich das Problem nur bei einem von beiden, oder bei beiden zeigt.
5. 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?
6. 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 beim SMP11 die Trocknungspatrone heraus genommen, 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.
7. Bei analogen Signalen überprüfen Sie den Datenlogger- oder Integrator-Offset so, dass ein Signal von 0 Volt oder 4 mA (was zutreffend ist) den Messwert Null ergibt.
8. Überprüfen Sie die Nivellierung des Sensors. Die Luftblase der Libelle sollte sich innerhalb der Ringmarkierung befinden.
9. 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.

### 8.2 Häufig gestellte Fragen

Die am häufigsten gestellten Fragen sind hierunter aufgelistet. Für einen Update können Sie auch die Internetseite von Kipp & Zonen [www.kippzonen.com](http://www.kippzonen.com) oder Gengenbach Messtechnik e.K. [www.rg-messtechnik.de](http://www.rg-messtechnik.de) besuchen.

#### **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 ( $<0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) gibt die Erdoberfläche annähernd  $100\text{ W/m}^2$  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  $1367 \text{ W/m}^2$  an der oberen Grenze der Atmosphäre steigen (WMO 1982). Es wurden Werte bis zu  $1500 \text{ W/m}^2$  verzeichnet. Da Wolken wandern, entstehen solche Werte meist nur für die Dauer von wenigen Minuten.

**Frage: Was ist die primäre Eintrittsstelle für Luftfeuchtigkeit?**

Antwort: Die Konstruktion der SMP Pyranometer ist wasser- aber nicht gasdicht. Deshalb kann es sein, dass mit der Zeit durch Temperatur- und Druckschwankungen Feuchtigkeit eindringen kann. Die SMPs ohne externe Trocknungspatrone verfügen über eine Spezialversiegelung, sodass ihr internes Trocknungsmittel für 10 Jahre hält. Das SMP11 hat eine externe Trocknungspatrone, die vom Anwender abgenommen werden kann, diese kann jedoch auch ein Eintrittspunkt für Feuchtigkeit sein. Es ist daher wichtig, dass nach dem Austausch des Trocknungsmittels die Patrone sauber und richtig eingesetzt ist (der Gummidichtring ist zusätzlich eingefettet, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu vermeiden).

**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: Für die V-Version der SMP Pyranometer ist die Eingangsimpedanz eines Spannungsmessgerätes (Auswertegerätes) mindestens 1000mal höher als die Impedanz des Pyranometers plus Kabel. Deshalb sind der Strom, der durch das Signalkabel geht und die Signalveränderung nur geringfügig und somit vernachlässigbar.

Für die A-Version der SMP Pyranometer ist die Kabellänge durch die Spannungsversorgung und den Spannungsverlust am Kabel begrenzt. Dennoch sind die geringe Kabelimpedanz ( $150 \text{ } \Omega/\text{km}$ ) und die in der Regel hohe Impedanz der Auswerteeinheit normalerweise keine Beschränkung.

Der digitale RS-485 Ausgang kann, je nach Baudrate, mit Kabellängen bis zu 1000m arbeiten.

## 9. Kundendienst

•  
Wenn Sie Hilfe wegen eines Ihrer Kipp & Zonen Produkte benötigen kontaktieren Sie bitte als erstes [info@rg-messtechnik.de](mailto:info@rg-messtechnik.de).

Alternativ können Sie direkt mit uns Kontakt aufnehmen unter [www.kippzonen.com/support](http://www.kippzonen.com/support)

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 Messaufbaus
- Überblick über die Gegebenheiten vor Ort

Kipp & Zonen und Gengenbach Messtechnik e.K. garantieren die Vertraulichkeit dieser Informationen.



## 10. Glossar

Begriff	Erklärung
Albedo	Teil der Strahlung, der von einer Oberfläche reflektiert wird
Azimutwinkel	Horizontaler Winkel (0 bis 360 °) normalerweise bezogen auf Norden
Einstrahlungswinkel	Winkel zwischen Lichtstrahl und Zenit (0° ist vertikal, 90° ist horizontal)
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 (DHI)
Direktstrahlung	Auf eine ebene Oberfläche auftreffende Strahlung, die senkrecht zur Strahlungsrichtung steht (DNI)
Globalstrahlung	Gesamte, auf einer horizontalen Fläche auftreffende Strahlung (GHI) Global = Diffus + (Direkt x cos α); α ist der solare Zenitwinkel
Einstrahlung	Strahlungsflussintensität (W/m <sup>2</sup> )
Langwellige Strahlung	Strahlung im Wellenlängenbereich von 4 μm bis über 40 μm
Pyranometer	Radiometer zur Messung kurzwelliger Globalstrahlung
Pyrgeometer	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	Welt-Radiometrische Referenz (Standard-Strahlungsmassstab) beim WRC
WSG	Welt-Standardgruppe von Radiometern beim WRC
Zenitwinkel	Winkel eines Punktes unter dem Zenit (0° ist vertikal)



# Anhänge

## A. Modbus®

### A.1 Modbus® Befehle

Die Befehle richten sich nach den Modbus RTU Protokollen, die im Dokument beschrieben sind: 'Modbus® über die serielle Leitung V1.02' und 'MODBUS Anwendungsprotokoll V1.1b' sind von der Modbus® Organisation erhältlich ([www.modbus.org](http://www.modbus.org)). Die Befehle können mittels Software-Tools, wie z. B. 'Modbus Poll' von [www.modbustools.com](http://www.modbustools.com) getestet werden.

Folgende Befehle kommen zur Anwendung:

Function	Sub function	Description
0x01	N/A	Read Coils
0x02	N/A	Read Discrete Inputs
0x03	N/A	Read Holding Registers
0x04	N/A	Read Input Register
0x05	N/A	Write Single Coil
0x06	N/A	Write Holding Register
0x10	N/A	Write multiple Registers

Das SMP unterscheidet nicht zwischen einem 'coil' und einem "discrete" Eingang. Der einzige Unterschied ist, dass der "discrete" Eingang nur gelesen werden kann.

Das SMP unterscheidet auch nicht zwischen einem Betriebsregister und einem Eingaberegister. Der einzige Unterschied ist, dass ein Eingaberegister nur gelesen werden kann.

### A.2 Eingaberegister

Eingaberegister können nur gelesen werden

Real-time Processed Data						
PDU address	Parameter	Name	R/W	Type	Mode	Description
0	IO_DEVICE_TYPE	DevType	R	U	All	Device type of the sensor
1	IO_DATAMODEL_VERSION	DataSet	R	U	All	Version of the object data model 102=this version
2	IO_OPERATIONAL_MODE	DevMode	R	U	All	Operational mode: normal, service, calibration and so on
3	IO_STATUS_FLAGS	Status	R	U	All	Device Status flags
4	IO_SCALE_FACTOR	Range	R	S	All	Range and scale factor sensor data (determines number of decimal places)
5	IO_SENSOR1_DATA	Sensor1	R	S	N,S	Temperature compensated radiation in W/m <sup>2</sup> (Net radiation for SGR)
6	IO_RAW_SENSOR1_DATA	RawData1	R	S	N,S	Net radiation (sensor 1) in W/m <sup>2</sup>
7	IO_STDEV_SENSOR1	StDev1	R	S	N,S	Standard deviation IO_SENSOR1_DATA
8	IO_BODY_TEMPERATURE	BodyTemp	R	S	N,S	Body temperature in 0.1 °C
9	IO_EXT_POWER_SENSOR	VSupply	R	S	N,S	External power voltage
10	IO_SENSOR2_DATA	Sensor2	R	S	N,S	Temperature compensated long wave down radiation in W/m <sup>2</sup> (only for SGR)
11	IO_RAW_SENSOR2_DATA	RawData2	R	S	N,S	Long wave down radiation in W/m <sup>2</sup> (only for SGR)
12	IO_STDEV_SENSOR2	StDev2	R	S	N,S	Not used, always 0
13	IO_BODY_TEMP_K	BodyTempK	R	U	N,S	Body temperature in 0.01 °K (only for SGR)
14	IO_AUX_INPUT2	Aux2	R	S	N,S	Not used, always 0
15	IO_AUX_INPUT3	Aux3	R	S	N,S	Not used, always 0
16	IO_DAC_OUTPUT_VOLTAGE	VDAC	R	U	N,S	DAC output voltage or current (actual voltage or current)
17	IO_SELECTED_DAC_INPUT	DacInp	R	U	N,S	DAC selected input voltage

<sup>(1)</sup> Der Skalierungsfaktor bestimmt das Format und die Anzahl der Dezimalstellen

Real-time Data A/D Counts					
PDU address	Parameter	R/W	Type	Mode	Description
18	IO_ADC1_COUNTS	R	S32	All	Input voltage sensor 1 in 0.01 µV
19					(R18=MSB, R19=LSB)
20	IO_ADC2_COUNTS	R	S32	All	Not supported, always 0
21					
22	IO_ADC3_COUNTS	R	S32	All	Input voltage body temperature sensor in 0.01 µV
23					(R22=MSB, R23=LSB )
24	IO_ADC4_COUNTS	R	S32	All	Input voltage power sensor in 0.01 µV
25					(R24=MSB, R25=LSB)

Error reports					
PDU address	Parameter	R/W <sup>(2)</sup>	Type	Mode	Description
26	IO_ERROR_CODE	R	U16	All	Most recent/ actual error code
27	IO_PROTOCOL_ERROR	R	U16	All	Protocol error/communication error
28	IO_ERROR_COUNT_PRI01	R	U16	All	Error code priority 1
29	IO_ERROR_COUNT_PRI02	R	U16	All	Error count priority 2
30	IO_RESTART_COUNT	R	U16	All	Number of controlled restarts
31	IO_FALSE_START_COUNT	R	U16	All	Number of uncontrolled restarts
32	IO_SENSOR_ON_TIME	R	U16	All	On time in seconds (MSB word)
33	IO_SENSOR_ON_TIME_L	R	U16	All	On time in seconds (LSB word)
41	IO_BATCH_NUMBER	R	U16	All	Production batch number
42	IO_SERIAL_NUMBER	R	U16	All	Serial number
43	IO_SOFTWARE_VERSION	R	U16	All	Software version
44	IO_HARDWARE_VERSION	R	U16	All	Hardware version
45	IO_NODE_ID	R	U16	All	(MODBUS®/SMA) device address RS-485

<sup>(2)</sup> Der Eintrag irgendeines Wertes in den Eingaberegistern 26-33 stellt die Registerinhalte zurück

### Legende

<b>PDU address</b>	PDU address + 1 = Modbus® register number		
<b>Parameter</b>	Name	Name of the register	
<b>R/W</b>	Read write	<b>R</b>	Read only
		<b>R/W</b>	Read/write
<b>Type</b>	Type and size	<b>U16</b>	16 bit unsigned integer
		<b>S16</b>	16 bit signed integer
		<b>S32</b>	32 bit signed integer (MSB first, LSB last)
<b>Mode</b>	Operation mode	<b>N</b>	available in normal mode
		<b>S</b>	available in service mode
		<b>C</b>	available in calibration mode (not for users)
		<b>F</b>	available in factory mode (not for users)
		<b>All</b>	available in all modes

### A.3 Wichtigste Register

In der untenstehenden Tabelle sind die wichtigsten Register der Echtzeitdaten aufgeführt.

Die FL\_XXXX Register arbeiten mit Gleitkommadata und nehmen 2 Bytes in Anspruch, mit dem höchstwertigen Byte zuerst. Da die Kommastelle an der richtigen Position sitzt, benötigt der Datenlogger keine Umrechnung.

Die nachfolgenden Register stammen aus der IO\_DATAMODEL\_VERSION >= 102

Durch die Auswahl der Register 1001 to 1017 können alle wichtigen Sensorinformationen abgefragt werden.

Floating Point Data						
1000	U_DEVICE_TYPE		R	U	All	Device type of the sensor (see register IO_DEVICE_TYPE)
1001	U_DATAMODEL_VERSION	DataSet	R	U	All	Version of the object data model 102=this version
1002	U_ERROR_CODE	ErrCode	R	U	All	Most recent/ actual error code (see register IO_ERROR_CODE)
1003	U_STATUS_FLAGS		R	U	All	Device Status flags (see register U_STATUS_FLAGS)
1004	U_BATCH_NR		R	U	All	Production Batch number (see register IO_BATCH_NUMBER)
1005	U_SERIAL_NR		R	U	All	Serial number (see register IO_SERIAL_NUMBER)
1006	FL_SENSOR1_DATA	FSensor1	R	F	All	Temperature compensated (net) radiation sensor 1 in W/m2 with decimal point
1008	FL_STDEV_SENSOR1	FStdDev1	R	F	All	Standard deviation Sensor 1 with decimal point
1010	FL_SENSOR2_DATA	FSensor2	R	F	All	Temperature compensated Long wave down radiation with decimal point
1012	FL_STDEV_SENSOR2	FStdDev2	R	F	All	Not used, always 0
1014	FL_BODY_TEMPERATURE		R	F	All	Body temperature in ° Kelvin with decimal point
1016	FL_EXT_POWER_SENSOR		R	F	All	External power voltage with decimal point

## A.4 Betriebsregister

Device Control					
PDU address	Parameter	R/W	Type	Mode	Description
34	IO_DEF_SCALE_FACTOR	R/W	S16	All	Default scale factor
35 to 40	Factory use only				

## A.5 Eingaberegister schreibgeschützt

Viele der Register und Elemente dienen der Ferndiagnose. In diesem Kapitel werden nur die wichtigsten beschrieben.

### Register 0 IO\_DEVICE\_TYPE

Der eingegebene Typ bestimmt, welches Gerät angeschlossen ist. Dieses Register dient dazu, den angeschlossenen Gerätetyp zu erkennen. IO\_datamodel\_version 102 unterstützt folgende Sensortypen.

Real-time Processed Data					
IO_DEVICE_TYPE	RO	R	65535	All	Selected device type of the sensor
SMP3 (volt version)	601	1	5-20 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyranometer	
SMP3 (current loop version)	602	1	5-20 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyranometer	
SMP6 (volt version)	619	1	7-14 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyranometer	
SMP6 (current version)	620	1	7-14 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyranometer	
SMP10 (volt version)	617	1	7-14 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyranometer	
SMP10 (current version)	618	1	7-14 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyranometer	
SMP11 (volt version)	603	1	7-14 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyranometer	
SMP11 (current loop version)	604	1	7-14 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyranometer	
SMP21 (volt version)	605	1	7-14 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyranometer	
SMP21 (current loop version)	606	1	7-14 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyranometer	
SMP22 (volt version)	607	1	7-14 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyranometer	
SMP22 (current loop version)	608	1	7-14 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyranometer	
SGR3 (volt version)	609	2*	5-15 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyrgeometer	
SGR3 (current loop version)	610	2*	5-15 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyrgeometer	
SGR4 (volt version)	611	2*	5-15 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyrgeometer	
SGR4 (current loop version)	612	2*	5-15 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyrgeometer	
SHP1 (volt version)	613	1	7-14 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyrheliometer	
SHP1 (current loop version)	614	1	7-14 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	Pyrheliometer	
SUV5 (volt version)	615	1	300 - 500 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	UV Radiometer	
SUV5 (current loop version)	616	1	300 - 500 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	UV Radiometer	

### Register 1 **IO\_DATAMODEL\_VERSION**

Das Datenmodell beschreibt die Funktionen, die vom Smart Sensor unterstützt werden. Dieses Dokument gilt für die Datenmodellversionen: '100' und '101'. Eine geänderte Anwendung des Modbus® Protokolls (mit neuen Eigenschaften) könnte in einem anderen Datenmodell enden, das eventuell nicht mit der älteren Version kompatibel ist.

Der Wert dieses Registers muss  $\geq 102$  sein. Wird ein anderer Wert angezeigt, sollten anhand einer aktualisierten Version dieses Dokumentes die Unterschiede festgestellt werden.

### Register 2 **IO\_OPERATIONAL\_MODE**

Der Betriebsmodus definiert den Status des Smart-Sensors. Es gibt die Betriebsmodi 1 = Normal Mode, 2 = Service Mode, 3 = Calibration Mode, 4 = Factory Mode und 5 = Error Mode. Der Standby-Modus (Mode 0) wird nicht unterstützt.

Nach dem Einschalten der Energieversorgung wird der Betriebsmodus (1) gesetzt. Wenn **IO\_CLEAR\_ERROR** eingestellt ist, kehrt der Smart-Sensor zum Normalmodus zurück. Ist der Error-Modus (5) aktiviert, besteht eine gravierende Störung.

### Register 3 **IO\_STATUS\_FLAGS**

Dieses Register definiert den Status des Smart-Sensors und die Gültigkeit der Daten. Jedes Bit hat eine spezielle Bedeutung. Bit 0 ist das erste (niedrigstwertige) Bit.

Bit 0	Quality of the signal	see IO_VOID_DATA_FLAG
Bit 1	Overflow	see IO_OVERFLOW_ERROR
Bit 2	Underflow	see IO_UNDERFLOW_ERROR
Bit 3	Error flag	see IO_ERROR_FLAG
Bit 4	ADC Error	see IO_ADC_ERROR
Bit 5	DAC Error	see IO_DAC_ERROR
Bit 6	Calibration Error	see IO_CALIBRATION_ERROR
Bit 7	Update EEPROM error	see IO_UPDATE_FAILED

### Register 4 **IO\_SCALE\_FACTOR**

Der Skalierfaktor bestimmt die Anzahl der Nachkommastellen, den Bereich und die Position der Dezimalstelle für die nachfolgenden Register: **IO\_SENSOR1\_DATA**, **IO\_SENSOR2\_DATA**, **IO\_RAW\_SENSOR1\_DATA** und **IO\_RAW\_SENSOR2\_DATA**. Der Skalierfaktor kann nur gelesen werden. Der Standard-Skalierfaktor wird im Kalibriermodus gesetzt oder kann während des Betriebes geändert werden. (s. a. Register **IO\_DEF\_SCALE\_FACTOR** und coil **IO\_AUTO\_RANGE**).

Ist das Register **IO\_SCALE\_FACTOR** nicht auf Null gesetzt, müssen die Daten des Registers (X) entweder multipliziert, oder dividiert werden, wobei X eines der oben genannten Register bezeichnet.

Scale factor = 2 (floating point) result = (integer) register (X) / 100.0

Scale factor = 1 (floating point) result = (integer) register(X) / 10.0

Scale factor = 0 (floating point) result = (integer) register(X)

Scale factor = -1 (floating point) result = (integer) register(X) \* 10.0

Der Standardwert des Registers **IO\_SCALE\_FACTOR** ist 0. Dennoch kann dieser Wert geändert werden, wenn das coil **IO\_AUTO\_RANGE** gesetzt ist oder der Wert im Register **IO\_DEF\_SCALE\_FACTOR** geändert wird (Standard-Skalierfaktor setzen).

#### **Register 5 IO\_SENSOR1\_DATA**

Dieses Register beinhaltet die eigentlichen Daten (Solarstrahlung), die vom Sensor gemessen werden. Die Solarstrahlung wird in W/m<sup>2</sup> dargestellt.

Ist das Register **IO\_SCALE\_FACTOR** nicht auf Null gesetzt, müssen die Daten wie in Register 4 beschrieben multipliziert oder dividiert werden..

Die Rohdaten vom Sensor werden kalibriert, linearisiert, temperaturkompensiert und mittels zweier verschiedener Filter gefiltert (siehe **IO\_FAST\_RESPONSE** und **IO\_TRACKING\_FILTER**).

#### **Register 6 IO\_RAW\_SENSOR1\_DATA**

Die Rohdaten vom Sensor werden kalibriert, aber nicht linearisiert oder temperaturkompensiert. Ist das Register **IO\_SCALE\_FACTOR** nicht auf Null gesetzt, müssen die Daten wie in Register 4 **IO\_SCALE\_FACTOR** beschrieben multipliziert oder dividiert werden.

#### **Register 7 IO\_STDEV\_SENSOR1**

Dieses Register dient für die Berechnung der Standardabweichung über dem Signal. Wird das Register gelesen, werden die Daten zum Computer gesendet und zur selben Zeit eine Kalkulation gestartet. Das nächste Mal dann, wenn Register 7 gelesen wird, wird die Abweichung über den letzten Zeitraum an den Computer geschickt und eine neue Berechnung gestartet. Wenn die Abfragefrequenz recht hoch ist (z. B. 1x pro Sekunde), liegt die Standardabweichung bei Null oder annähernd bei Null. Ist die Abfragefrequenz aber niedrig, kann die Standardabweichung recht hoch sein, und es wird angezeigt werden, dass sich die Daten in den Registern 5 und 6 seit der letzten Abfrage drastisch verändert haben. Die Standardabweichung wird in 0.1 W/m<sup>2</sup> gemessen. Um Gleitkommatdaten zu erhalten, dient folgende Kalkulation:

(floating point) result = (integer) register (IO\_STDEV\_SENSOR1) / 10.0

#### **Register 8 IO\_BODY\_TEMPERATURE**

Der Gerätetempersensord misst die Gerätetemperatur in 0.1°C.

Für die Umwandlung der Daten in einen Gleitkommawert wird wie folgt kalkuliert:

(floating point) result = (integer) register (IO\_BODY\_TEMPERATURE) / 10.0

#### **Register 9 IO\_EXT\_POWER\_SENSOR**

Der Sensor für Ext Power misst die am Sensor angelegte Versorgungsspannung in 0.1 Volt.

Für die Umwandlung der Daten in einen Gleitkommawert wird wie folgt kalkuliert:

(floating point) result = (integer) register (IO\_EXT\_POWER\_SENSOR) / 10.0

#### **Beispiel**

Schreibgeschützte Register: 'Betriebsmodus für externe Spannungsversorgung' vom Modbus® Gerät mit Adresse 1.

Tx dem Smart-Sensor übermittelte Daten

Rx vom Smart-Sensor erhaltene Daten

SendModbusRequest (0x04, 1, IO\_OPERATIONAL\_MODE, 8);

Tx 01 04 00 02 00 08 50 0C

Rx 01 04 10 00 01 00 00 00 03 E5 03 E5 00 00 00 F8 00 EA 66 12

Erklärung der erhaltenen Bytes:

- 01 = MODBUS address
- 04 = read input registers
- 10 = number of received data bytes
- 00 01 = operational mode (mode 1)
- 00 00 = status flags (none)
- 00 00 = scale factor = 0 = 1x
- 03 E5 = 997 decimal = sensor 1 data in W/m<sup>2</sup>
- 03 E5 = 997 decimal = raw sensor 1 data in W/m<sup>2</sup>
- 00 00 = 0 = standard deviation sensor 1
- 00 F8 = 248 = 24.8 °C.
- 00 EA = 234 = 23.4 Volt
- 66 12 = MODBUS checksum (CRC16)

## A.6 Discrete Eingänge

Ein "Discrete" Eingang kann wahr oder falsch sein. Er kann nur gelesen werden, während für ein "Coil" auch Schreibzugriff besteht.

Status indicators					
Input	Parameter	R/W	Def.	Mode	Description
0	IO_FALSE	R	0	All	Always false (for testing only)
1	IO_TRUE	R	1	All	Always true (for testing only)
2	IO_VOID_DATA_FLAG	R	*	All	Void signal, 1=unstable signal, temperature too low or too high
3	IO_OVERFLOW_ERROR	R	*	All	Overflow, signal out of range
4	IO_UNDEFLOW_ERROR	R	*	All	Underflow signal out of range
5	IO_ERROR_FLAG	R	*	All	General hardware error (set if one of the H/W error flags is set)
6	IO_ADC_ERROR	R	*	All	Hardware error A/D converter
7	IO_DAC_ERROR	R	*	All	Hardware error D/A converter
8	IO_CALIBRATION_ERROR	R	*	All	Calibration checksum error
9	IO_UPDATE_FAILED	R	*	All	Update calibration parameters failed

### Legende

<b>Input</b>	Discrete input	Modbus® discrete input 0 is the first discrete input
<b>Coil</b>	Modbus Coil	A coil can be read or written.
<b>Parameter Name</b>	Name of the register	
<b>R/W</b>	Read write	<b>R</b> Read only <b>R/W</b> Read/write
<b>Def</b>	Default value	default value at power on (0, 1 or *) * = undefined
<b>Mode</b>	operation mode	<b>N</b> available in normal mode <b>S</b> available in service mode <b>C</b> available in calibration mode (not for users) <b>F</b> available in factory mode (not for users) <b>All</b> available in all modes

Eingänge können in allen Betriebsmodi gelesen werden, aber es besteht bei manchen Coils im Normal-Modus oder Service-Modus kein Schreibzugriff.

## A.7 Coils

Device control					
10	IO_CLEAR_ERROR	R/W	0	All	Select normal operation and clear error (1=clear error)
11 to 17	FACTORY USE ONLY				
18	IO_RESTART_MODBUS	R/W	0	All	Restart the device with modbus® protocol
19	FACTORY USE ONLY				
20	IO_ROUNDOFF	R/W	1	S,N	Enable rounding of sensor data
21	IO_AUTO_RANGE	R/W	0	S,N	Enable auto range mode (0=no auto range)
22	IO_FASTRESPONSE	R/W	0	S,N	Enable fast response filter (0=no filter)
23	IO_TRACKING_FILTER	R/W	1	S,N	Enable tracking filter (0=no filter)

**Note** Die Standardwerte der Geräteoptionen werden in einem Permanentspeicher abgelegt. Sie können während des Betriebes überschrieben werden. Nach Ab- und Wiedereinschalten der Spannungsversorgung werden die Standardwerte aber wieder eingesetzt und der Smart-Sensor startet mit den Standardwerten aus dem Permanentspeicher.

ADC CONTROL					
24 to 34	Factory use only				

## A.8 Read / Write Betriebsregister

### Register 34 IO\_DEF\_SCALE\_FACTOR

Der Standard-Skalierwert wird im "Factory" Modus oder "Service" Modus gesetzt und im Permanentspeicher abgelegt. Er wird immer beim Einschalten der Spannungsversorgung eingesetzt. Jedoch kann er während des Betriebsmodus durch die entsprechende Eintragung im Register 34 geändert werden.

**Note** Der Änderungswert wird nicht permanent gespeichert und wird bei jedem erneuten Einschalten mit dem Standardwert überschrieben.

Folgende Werte gelten:

Skalierfaktor = 2

Skalierfaktor = 1

Skalierfaktor = 0

Skalierfaktor = -1

Skalierfaktor 0 ist der Standardwert. Siehe auch Eingaberegister 4 **IO\_SCALE\_FACTOR**.

## A.9 Discrete Inputs schreibgeschützt

**Discrete input 0 IO\_FALSE** This discrete input is always false

**Discrete input 1 IO\_TRUE** This discrete input is always true

### Discrete input 2 IO\_VOID\_DATA\_FLAG

Die "ungültige Daten" Flag wird gesetzt, wenn Daten im Register **IO\_SENSOR1\_DATA** oder **IO\_RAW\_SENSOR1\_DATA** nicht gültig sind, weil die Gehäusetemperatur entweder zu hoch oder zu niedrig ist oder wenn eine interne Kapazitätsüberschreitung besteht, weil eine Kalkulation außerhalb des gültigen Bereiches ist oder eine Teilung durch Null vorkam, oder die Referenzspannung des Wechselstromes oder der digitale Filter nicht stabil sind. Wenn die **IO\_VOID\_DATA\_FLAG** erscheint, wird im **IO\_STATUS\_FLAGS** Bit 0 gesetzt.

Die **IO\_VOID\_DATA\_FLAG** und Bit 0 der **IO\_STATUS\_FLAGS** werden bereinigt, wenn die **IO\_VOID\_DATA\_FLAG** vom Computer ausgelesen wird.

#### **Discrete input 3 IO\_OVERFLOW\_ERROR**

Dieser Discrete Eingang wird evoziert, wenn sich ein Gerät im Zustand außerhalb des zulässigen Bereiches befindet und sich die Sensordaten (s. a. **IO\_SENSOR1\_DATA**) über dem maximalen Spezifikationswert im Kalibrierprogramm oder über 29,999 befinden. Der typische Maximalwert ist 4000 W/m<sup>2</sup>.

Wenn der **IO\_OVERFLOW\_ERROR** aktiviert ist, wird Bit 1 im **IO\_STATUS\_FLAGS** gesetzt.

Der **IO\_OVERFLOW\_ERROR** und Bit 1 der **IO\_STATUS\_FLAGS** werden bereinigt, wenn der **IO\_OVERFLOW\_ERROR** vom Computer ausgelesen wird.

#### **Discrete input 4 IO\_UNDERFLOW\_ERROR**

Dieser Discrete Eingang wird evoziert, wenn sich ein Gerät im Zustand unterhalb des zulässigen Bereiches befindet und sich die Sensordaten (s. a. **IO\_SENSOR1\_DATA**) über dem maximalen Spezifikationswert im Kalibrierprogramm oder über 29,999 befinden. Der typische Maximalwert ist 4000 W/m<sup>2</sup>.

Wenn der **IO\_UNDERFLOW\_ERROR** aktiviert ist, wird Bit 2 im **IO\_STATUS\_FLAGS** gesetzt.

Der **IO\_UNDERFLOW\_ERROR** und Bit 2 der **IO\_STATUS\_FLAGS** werden bereinigt, wenn der **IO\_UNDERFLOW\_ERROR** vom Computer ausgelesen wird.

#### **Discrete input 5 IO\_ERROR\_FLAG**

Die "Error" Flag wird gesetzt, wenn ein Fehler (fatal oder behebbar) in der Hardware oder Software besteht, wie z. B. ADC Error, DAC Error, Kalibrierungsfehler oder wenn die Aktualisierung der Kalibrierdaten nicht funktioniert hat. Wenn die **IO\_ERROR\_FLAG** gesetzt wird, wird der Fehlercode in das Register **IO\_ERROR\_CODE** (s. a. register 26) kopiert.

Die "Error" Flag wird gelöscht, wenn der korrekte Sachverhalt in das Coil eingetragen wird: '**IO\_CLEAR\_ERROR**'. Allerdings geht das nicht, wenn ein nicht korrigierbarer (fataler) Fehler vorliegt, wie z. B. ein Kalibrierungsfehler.

Die "Error" Flag wird prinzipiell nach dem Einschalten gesetzt, um anzuzeigen, dass die Spannungsversorgung unterbrochen war oder dass ein Neustart stattgefunden hat. Der Computer setzt **IO\_CLEAR\_ERROR** um die "Error" Flag zu löschen.

#### **Discrete input 6 IO\_ADC\_ERROR**

Diese Flag wird gesetzt, wenn beim A/D Wandler für die Umwandlung analoger in digitale Signale etwas nicht stimmt (Hard- oder Software).

Die ADC Error Flag wird gelöscht, wenn der korrekte Sachverhalt in das Coil eingetragen wird: '**IO\_CLEAR\_ERROR**' und wenn der Fehler, verursacht durch das ADC, nicht fatal ist.

#### **Discrete input 7 IO\_DAC\_ERROR**

Diese Flag wird gesetzt, wenn beim D/A Wandler für die Umwandlung digitaler in analoge Signale etwas nicht stimmt (Hard- oder Software).

Die DAC Error Flag wird gelöscht, wenn der korrekte Sachverhalt in das Coil eingetragen wird: '**IO\_CLEAR\_ERROR**' und wenn der Fehler, verursacht durch das DAC, nicht fatal ist.

.

#### **Discrete input 8 IO\_CALIBRATION\_ERROR**

Die Kalibrierfehler-Flag wird gesetzt, wenn der Sensor nicht kalibriert ist, oder ein Prüfsummenfehler in den Kalibrierdaten vorhanden ist. Diese Flag kann nicht gelöscht werden, der Sensor muss für eine Neukalibrierung zum Hersteller oder zur zuständigen Vertretung geschickt werden.

#### **Discrete input 9 IO\_UPDATE\_FAILED**

Die Update-failed Flag wird gesetzt, wenn Daten in den Permanentspeicher eingetragen werden, aber die Aktualisierung fehlschlägt. Dies kann im Kalibriermodus vorkommen, wenn Kalibrierdaten, oder im Servicemodus, wenn Geräteoptionen eingetragen werden.

In diesem Fall sollte der letzte Aktualisierungsversuch wiederholt werden. Wenn die Fehlermeldung nicht verschwindet, könnte ein Problem mit der Hardware (EEPROM) vorliegen.

#### A.IO Read / Write Discrete coils

##### **Coil 10 IO\_CLEAR\_ERROR**

Die Verwendung dieses Coils behebt den Fehler nur, wenn es sich um keinen fatalen Fehler handelt. Bei Auslesung zeigt es prinzipiell 0 an. Das Coil **IO\_CLEAR\_ERROR** kann für die Wiederherstellung des Normalmodus eingesetzt werden (s. a. **IO\_OPERATIONAL\_MODE**).

Die Smart-Sensoren starten immer im Normalmodus.

**Note IO\_CLEAR\_ERROR** setzt ein Gerät auf den Normalmodus zurück.

##### **Coil 20 IO\_ROUNDOFF**

Die Verwendung dieses Coils ermöglicht das Runden der in **IO\_SENSOR1\_DATA** und **IO\_RAW\_SENSOR1\_DATA** dargestellten Daten.

Ist es nicht aktiviert, sollten die Daten vor der Weiterverarbeitung gerundet werden.

Die Standardanzeige beim Einschalten ist ON

Wenn **IO\_ROUNDOFF** gelöscht ist, ist der Sensor nicht kalibriert und könnte mehr Zahlenstellen produzieren, als signifikant sind.

##### **Coil 21 IO\_AUTO\_RANGE**

Die Verwendung dieses Coils aktiviert die Auto-Range Funktion. Diese Funktion erhöht die Anzahl der Zahlenstellen bei sehr kleinen Signalen.

Die Standardanzeige beim Einschalten ist OFF.

Ist **IO\_AUTO\_RANGE** gesetzt, ist der Sensor nicht kalibriert und könnte mehr Zahlenstellen produzieren, als signifikant sind.

##### **Coil 22 IO\_FASTRESPONSE**

Die Verwendung dieses Coils aktiviert den Schnellreaktionsfilter. Dieser Filter beschleunigt die Sprungantwort des Sensors. Bei Deaktivierung dieses Filters entspricht die Ansprechzeit der SMP Pyranometer der Ansprechzeit der CMP Äquivalente.

Die Standardanzeige beim Einschalten ist ON.

**Coil 23**      **IO\_TRACKING\_FILTER**

Die Verwendung dieses Coils aktiviert den Nachlauffilter. Dieser Filter reduziert das Signalrauschen, vermindert aber gleichzeitig die Sprungantwort bei plötzlicher Signalveränderung. Der Smart-Sensor verwendet daher variable Filter, um diesen Effekt auf die Sprungantwort zu minimieren.

Die Standardanzeige beim Einschalten ist OFF.

## A.11 Anforderung der Seriennummer

**Register 41**      **IO\_BATCH\_NUMBER**

Die Chargennummer zeigt das Produktionsjahr des Sensors an, 11 = 2011, 12=2012 etc.

**Register 42**      **IO\_SERIAL\_NUMBER**

Register 42 zeigt die 4-stellige Seriennummer des Smart-Sensors an. Diese ist nur in Verbindung mit der Chargennummer einzigartig.

## A.12 Einfaches Demonstrationsprogramm

Das nachfolgende simple 'C' Programm zeigt, wie die Sensordaten zu lesen und Fehler zu beheben sind. Das Programm übernimmt die Register: 'Betriebsmodus, Status Flags, Skalierfaktor und Sensordaten' vom Modbus® mit der Adresse 2 in die Register uOperationalMode, uStatusFlags, iScaleFactor und iSensorData. . Dann prüft das Programm den Betriebsmodus (sollte 'normal' sein) und wenn keine Fehler vorliegen, wird die "No Error" Flag in den iStatusFlags gesetzt. Liegt ein Fehler vor, wird die **IO\_ERROR\_FLAG** gesetzt.

```
UInt16    uOperationalMode = 0;
UInt16    uStatusFlags = 0;
Int16     iScaleFactor = 0;
Int16     iSensorData = 0;
float     fSensorData = 0;

int main (void)
{
    while (true)
    {
        // Send MODBUS request 0x04 Read input registers to slave 2
        // Get modus data will wait for the answer and copies the data to registers
        // uOperationalMode, uStatusFlags, iScaleFactor and iSensorData

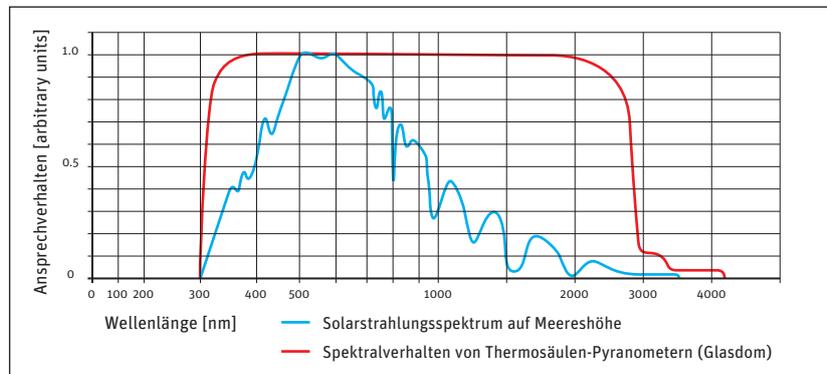
        SendModbusRequest (0x04, 2, IO_OPERATIONAL_MODE, 4);
        WaitModbusReply ();
        GetModbusData ();

        If (uOperationalMode != 1)
        {
            // Send MODBUS request 0x05 write single coil to slave 2
            SendModbusRequest (0x05, 2, IO_CLEAR_ERROR, true);
            WaitModbusReply ();
        }
        else if (uStatusFlags != 0)
        {
            SendModbusRequest (0x05, 2, IO_CLEAR_ERROR, true);
            WaitModbusReply ();
        }
        switch (iScaleFactor)
        {
            case 2: fSensorData = (float)(iSensorData) / 100.0;
            case 1: fSensorData = (float)(iSensorData) / 10.0;
            case 0: fSensorData = (float)(iSensorData);
            case -1: fSensorData = (float)(iSensorData) * 10.0;
            default: fSensorData = 0.0;
        }
        // wait 1 second
        Delay (1000);
    }
}
```

## B. Physikalische Eigenschaften der Pyranometer

### B.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 SMP Serie über einen weiten Spektralbereich gleichmäßig empfindlich. 97 - 98% der Gesamtenergie werden von den Thermoelementen aufgenommen.



### B.2 Empfindlichkeit

Der Empfindlichkeitswert der SMP Pyranometer wird in einen digitalen Ausgang umgewandelt, der bei allen SMP-Sensoren identisch ist. Die SMP-V Versionen haben alle einen analogen Ausgang von 0 bis 1 Volt für -200 bis 2000 W/m<sup>2</sup> und die SMP-A Versionen haben einen Ausgang von 4 bis 20 mA für 0 bis 1600 W/m<sup>2</sup>.

### B.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. Bei den Pyranometern der SMP Serie wird dieser Vorgang digital beschleunigt.

### B.4 Nichtlinearität

Die Nichtlinearität eines Pyranometers ist die prozentuale Abweichung der Empfindlichkeit innerhalb eines Strahlungsbereiches von 0 bis 1000 W/m<sup>2</sup> im Vergleich zum Einstrahlungsniveau von 500 W/m<sup>2</sup> bei der Empfindlichkeitskalibrierung. Eine Wärmekonvektion und der Verlust von Strahlungswärme auf dem schwarzen Sensorelement rufen diesen Nichtlinearitätseffekt im thermalen Gleichgewicht des Radiometers hervor.

### B.5 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 der SMP Serie verfügen über einen integrierten Temperatursensor, der mittels einer Polynomfunktion 4ter Ordnung die Temperaturdrift aktiv über einen Bereich von -40 °C bis +70 °C ausgleicht.

### B.6 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/m<sup>2</sup> normaler Einstrahlung. Das Neigungsverhalten ist proportional zur einfallenden Strahlung. Bei der Anwendung auf geneigten Oberflächen könnte dieser Fehler korrigiert werden, dieser ist aber an sich unerheblich.

## B.7 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. Diese ist allgemeinhin kälter als die Temperatur auf der Erde. 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.

Dieser Offset kann zusätzlich durch eine Ventilationseinheit minimiert werden. Diese kann mit allen SMP-Pyranometern eingesetzt werden, mit Ausnahme des SMP3.



## B.8 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 als in  $W/m^2$  gemessene Reaktion auf Änderungen der Umgebungstemperatur um 5 K/Stunde quantifiziert.

## B.9 Betriebstemperatur

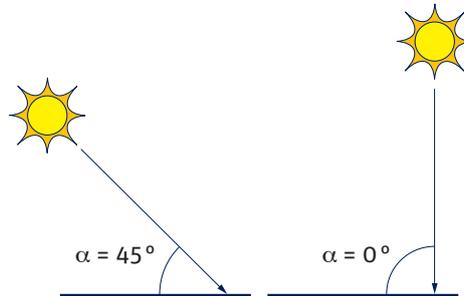
Der Betriebstemperaturbereich eines Radiometers wird durch die physikalischen Eigenschaften seiner Bestandteile bestimmt. Innerhalb des festgelegten Betriebstemperaturbereiches können die Kipp & Zonen Radiometer problemlos eingesetzt werden. Außerhalb dieses Temperaturbereiches sollten geeignete Maßnahmen getroffen werden, um Beschädigungen der Instrumente oder gar den Leistungsausfall der Radiometer zu vermeiden. Nähere Informationen für den Einsatz unter extremeren Temperaturbedingungen erhalten Sie bei der für Sie zuständigen Kipp & Zonen Vertretung.

## B.10 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.

## B.11 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 Kosinusverhalten eines Pyranometers erstreckt sich bis zu einem Einfallswinkel von  $80^\circ$  in Beziehung zu  $1000 \text{ W/m}^2$  Einstrahlung bei normalem Einfallswinkel ( $0^\circ$  Zenitwinkel).

## B.12 Maximale Strahlungsaufnahme

Die maximale Strahlungsaufnahme ist das äußerste Strahlungsniveau, oberhalb dessen das Ausgangssignal nicht mehr linear ist und sich außerhalb der Spezifikationen befindet. Der Analogausgang der SMP Pyranometer ist auf  $2000 \text{ W/m}^2$  eingestellt und ist somit ausreichend für normale atmosphärische Bedingungen. Für spezielle Anwendungen (Umweltsimulationen) können das SMP10 und das SMP11 höhergesetzt werden, bis zu  $4000 \text{ W/m}^2$ .

## B.13 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 recalibrieren zu lassen. Es gibt allerdings Anwender (einige Institute, Industrieunternehmen oder Netzwerke) für die im Rahmen der Qualitätssicherung häufigere Recalibrierungen notwendig sind. Nähere Informationen zur Kalibrierung findet sich im Kapitel "Kalibrierprinzip".

## B.14 Spectrale 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.

## B.15 Umwelt

Die Radiometer der SMP Serie sind für den Außeneinsatz unter jeglicher Wetterbedingung konzipiert. Sie entsprechen der Schutzklasse IP67 und ihre solide mechanische Konstruktion ist innerhalb der für die Geräte zulässigen Parameter für alle Wetterbedingungen geeignet.

## B.16 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 SMP Serie (mit Ausnahme des SMP3) gibt es daher die Ventilationseinheit CVF4, um den kleinen verbleibenden Fehler zu minimieren.

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

Ref. No.	Spezifikation	Pyranometer Kategorie		
		Secondary Standard	First Class	Second Class
1	Ansprechzeit (95%)	< 15 s	< 30 s	< 60 s
2	Null-Offset (a) Bei 200 W/m <sup>2</sup> Wärmestrahlung (ventiliert) (b) Bei Veränderung der Umgebungstemperatur um 5K/h	± 7 W/m <sup>2</sup> ± 2 W/m <sup>2</sup>	±157 W/m <sup>2</sup> ± 4 W/m <sup>2</sup>	± 30 W/m <sup>2</sup> ± 8 W/m <sup>2</sup>
3a	Stabilitätsabweichung (Änderung pro Jahr, Prozentanteil an der Vollskala)	± 0.8 %	± 1.5 %	± 3 %
3b	Nichtlinearität (prozentuale Abweichung bei 500 W/m <sup>2</sup> durch Änderung der Einstrahlung im Bereich 100 bis 1000 W/m <sup>2</sup> )	± 0.5 %	± 1 %	± 3 %
3c	Richtungsverhalten für senkrechte Einstrahlung (Der Fehlerbereich, entstehend aus der Annahme, dass die normale Strahlungsaufnahme für alle Richtungen der Messung, in allen Richtungen gemessen, gilt, wobei die senkrechte Einstrahlung mit 1000 W/m <sup>2</sup> und bis zu 80° im Zenitwinkel definiert wird)	± 10 W/m <sup>2</sup>	± 20 W/m <sup>2</sup>	± 30 W/m <sup>2</sup>
3d	Spektrale Selektivität (prozentuale Abweichung der spektralen Absorption und spektralen Transmittanz vom entsprechenden Durchschnitt innerhalb 0.35 µm und 1.5 µm)	± 3 %	± 5 %	± 10 %
3e	Temperaturverhalten (prozentuale Abweichung aufgrund von Änderungen der Umgebungstemperatur innerhalb eines Intervalls von 50 K)	2 %	4 %	8 %
3f	Neigungsverhalten (prozentuale Abweichung von der Empfindlichkeit bei Neigung 0° bis 90° bei 1000 W/m <sup>2</sup> Einstrahlung)	± 0.5 %	± 2 %	± 5 %

## KUNDENSERVICE

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

Kipp & Zonen B.V.  
Delftechpark 36, 2628 XH Delft  
P.O. Box 507, 2600 AM Delft  
The Netherlands

+31 15 2755 210  
info@kippzonen.com  
www.kippzonen.com

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.



---

**Kipp & Zonen B.V.**  
Delftechpark 36, 2628 XH Delft  
P.O. Box 507, 2600 AM Delft  
The Netherlands

+31 15 2755 210  
info@kippzonen.com  
www.kippzonen.com

Meteorology Division of

