



Umweltanalytische
Produkte GmbH

apogee[®]
INSTRUMENTS

BENUTZERHANDBUCH

PYRANOMETER

Modelle SP-110 und SP-230

Stand: 16-Sept-2022



APOGEE INSTRUMENTS, INC. | 721 WEST 1800 NORTH, LOGAN, UTAH 84321, USA
TEL: (435) 792-4700 | FAX: (435) 787-8268 | WEB: APOGEEINSTRUMENTS.COM

Copyright © 2022 Apogee Instruments, Inc.

(c) Deutsche Version: UP Umweltanalytische Produkte GmbH * www.upgmbh.com * vertrieb@upgmbh.com

INHALTSÜBERSICHT

Benutzerhandbuch.....	1
Konformitätsbescheinigung.....	3
Konformitätsbescheinigung.....	4
Einführung.....	5
Sensor-Modelle.....	6
Spezifikationen.....	7
Einsatz und Installation.....	10
Kabelsteckverbinder.....	11
Betrieb und Messung.....	12
Instandhaltung und Rekalibrierung.....	17
Fehlerbehebung und Kundensupport.....	19
Rückgabe- und Gewährleistungsbestimmungen.....	20

KONFORMITÄTSBESCHEINIGUNG

EU-Konformitätserklärung

Diese Konformitätserklärung wird unter der alleinigen Verantwortung des Herstellers ausgestellt:

Apogee Instrumente, Inc.
721 W 1800 N
Logan, Utah 84321
USA

für das/die folgende(n) Produkt(e):

Modelle: SP-110, SP-230
Typ: Pyranometer

Der Gegenstand der oben beschriebenen Erklärung steht im Einklang mit den einschlägigen Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union:

2014/30/EU	Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
2011/65/EU	Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe (RoHS 2)
2015/863/EU	zur Änderung von Anhang II der Richtlinie 2011/65/EU (RoHS 3)

Normen, auf die bei der Konformitätsbewertung Bezug genommen wurde:

EN 61326-1:2013	Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte - EMV-Anforderungen
EN 63000:2018	Technische Dokumentation für die Bewertung von elektrischen und elektronischen Produkten hinsichtlich der Beschränkung gefährlicher Stoffe

Wir weisen darauf hin, dass die von uns hergestellten Produkte nach den uns vorliegenden Informationen unserer Rohstofflieferanten keine der eingeschränkten Stoffe, einschließlich Blei (siehe Anmerkung unten), als absichtliche Zusatzstoffe enthalten, Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom, polybromierte Biphenyle (PBB), polybromierte Diphenyle (PBDE), Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), Butylbenzylphthalat (BBP), Dibutylphthalat (DBP) und Diisobutylphthalat (DIBP). Bitte beachten Sie jedoch, dass Artikel mit einer Bleikonzentration von mehr als 0,1 % unter Anwendung der Ausnahmeregelung 6c RoHS 3-konform sind.

Beachten Sie bitte auch, dass Apogee Instruments unsere Rohstoffe oder Endprodukte nicht speziell auf das Vorhandensein dieser Substanzen untersucht, sondern sich auf die Informationen verlässt, die uns von unseren Materiallieferanten zur Verfügung gestellt werden.

Unterzeichnet für und im Namen von:
Apogee-Instrumente, September 2022

Bruce Bugbee
Präsident
Apogee Instrumente, Inc.



KONFORMITÄTSBESCHEINIGUNG

UK-Konformitätserklärung

Diese Konformitätserklärung wird unter der alleinigen Verantwortung des Herstellers ausgestellt:

Apogee Instrumente, Inc.
721 W 1800 N
Logan, Utah 84321
USA

für das/die folgende(n) Produkt(e):

Modelle: SP-110, SP-230

Typ: Pyranometer

Der Gegenstand der oben beschriebenen Erklärung steht im Einklang mit den einschlägigen britischen Rechtsvorschriften und deren Änderungen:

2016 Nr. 1091	Die Verordnung über die elektromagnetische Verträglichkeit 2016
2012 Nr. 3032	Die Verordnung zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten von 2012

Normen, auf die bei der Konformitätsbewertung Bezug genommen wurde:

BS EN 61326-1:2013	Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte - EMV-Anforderungen
BS EN 63000:2018	Technische Dokumentation für die Bewertung von elektrischen und elektronischen Produkten hinsichtlich der Beschränkung von gefährlichen Stoffen

Wir weisen darauf hin, dass die von uns hergestellten Produkte nach den uns vorliegenden Informationen unserer Rohstofflieferanten keine der eingeschränkten Stoffe, einschließlich Blei (siehe Anmerkung unten), als absichtliche Zusatzstoffe enthalten, Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom, polybromierte Biphenyle (PBB), polybromierte Diphenyle (PBDE), Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), Butylbenzylphthalat (BBP), Dibutylphthalat (DBP) und Diisobutylphthalat (DIBP). Bitte beachten Sie jedoch, dass Artikel mit einer Bleikonzentration von mehr als 0,1 % unter Anwendung der Ausnahmeregelung 6c RoHS 3-konform sind.

Beachten Sie bitte auch, dass Apogee Instruments unsere Rohstoffe oder Endprodukte nicht speziell auf das Vorhandensein dieser Substanzen untersucht, sondern sich auf die Informationen verlässt, die uns von unseren Materiallieferanten zur Verfügung gestellt werden.

Unterzeichnet für und im Namen von:
Apogee-Instrumente, September 2022



Bruce Bugbee
Präsident
Apogee Instrumente, Inc.



EINFÜHRUNG

Die Sonnenstrahlung an der Erdoberfläche wird üblicherweise als Gesamtstrahlung in einem Wellenlängenbereich von 280 bis 4000 nm (kurzwellige Strahlung) definiert. Die gesamte auf eine horizontale Fläche auftreffende direkte und diffuse Sonnenstrahlung wird als kurzwellige Globalstrahlung oder kurzwellige Bestrahlungsstärke (einfallender Strahlungsfluss) definiert und in Watt pro Quadratmeter (W m^{-2} , gleich Joule pro Sekunde pro Quadratmeter) ausgedrückt.

Pyranometer sind Sensoren, die die globale Kurzwellenstrahlung messen. Die Pyranometer der SP-Serie von Apogee sind Siliziumzellen-Pyranometer und nur für einen Teil des Sonnenspektrums empfindlich, etwa 350-1100 nm (etwa 80 % der gesamten Kurzwellenstrahlung liegen in diesem Bereich). Siliziumzellen-Pyranometer sind jedoch so kalibriert, dass sie die gesamte kurzwellige Strahlung über das gesamte Sonnenspektrum hinweg messen können. Die Spezifikationen von Siliziumzellen-Pyranometern sind vergleichbar mit den Spezifikationen für die Klassifizierungen der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) für mäßige und gute Qualität sowie mit den Spezifikationen für die Klassifizierung der Internationalen Organisation für Normung (ISO) der Klasse C. Aufgrund ihrer begrenzten spektralen Empfindlichkeit erfüllen sie jedoch nicht die für die WMO-Zertifizierung erforderliche spektrale Spezifikation.

Typische Anwendungen von Siliziumzellen-Pyranometern sind die Messung der einfallenden kurzwelligen Strahlung in landwirtschaftlichen, ökologischen und hydrologischen Wetternetzwerken sowie in Solarpanel-Anlagen.

Die Pyranometer der SP-Serie von Apogee Instruments bestehen aus einem gegossenen Acryldiffusor (Filter), einer Fotodiode und einer Signalverarbeitungsschaltung, die in einem eloxierten Aluminiumgehäuse untergebracht sind, sowie einem Kabel zum Anschluss des Sensors an ein Messgerät. Die Sensoren sind fest vergossen und haben keinen inneren Luftraum. Sie sind für die kontinuierliche Messung der gesamten kurzwelligen Strahlung auf einer ebenen Oberfläche im Freien ausgelegt. Die Sensoren der SP-Serie geben eine analoge Spannung aus, die direkt proportional zur kurzwelligen Gesamtstrahlung der Sonne ist. Das Spannungssignal des Sensors ist direkt proportional zur Strahlung, die auf eine ebene Fläche (muss nicht horizontal sein) auftrifft, wobei die Strahlung von allen Winkeln einer Halbkugel ausgeht.

SENSOR-MODELLE

Dieses Handbuch behandelt die unverstärkten Modelle SP-110 und SP-230 Pyranometer-Sensoren, die Millivolt-Signale liefern. Weitere Modelle werden in ihren jeweiligen Handbüchern behandelt.

Modell	Signal
SP-110	Eigenstromversorgung
SP-230*	Eigenstromversorgung
SP-212	0-2.5 V
SP-214	4-20 mA
SP-215	0-5 V
SP-420	USB
SP-421	SDI-12
SP-422	Modbus

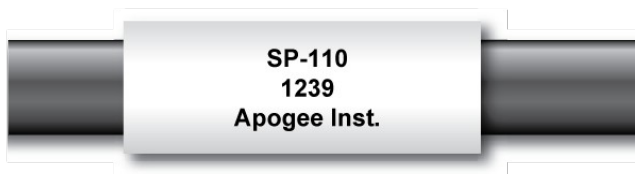
*Das Pyranometermodell SP-230 ähnelt dem Modell SP-110, verfügt jedoch über eine interne Heizung, die den Diffusor von Niederschlägen wie Tau oder Frost freihält.



SP-110



SP-230



Die Modell- und Seriennummer eines Sensors befindet sich in der Nähe der Pigtail-Leitungen am Sensorkabel. Wenn Sie das Herstellungsdatum Ihres Sensors benötigen, wenden Sie sich bitte an Apogee Instruments und geben Sie die Seriennummer Ihres Sensors an.

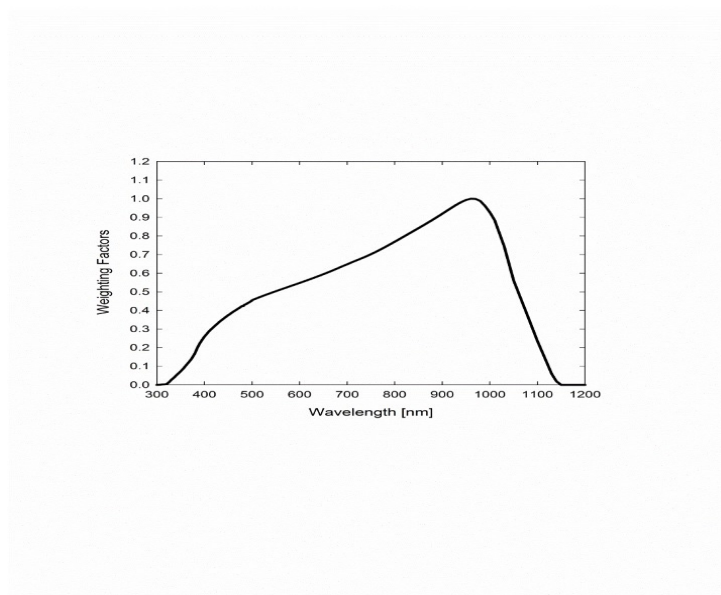
SPEZIFIKATIONEN

	SP-110-SS	SP-230-SS
ISO 9060:2018	Klasse C (schnelle Reaktion)	
Heizgerät	K.A.	780 Ω , 15,4 mA Stromaufnahme und 185 mW Leistungsbedarf bei 12 V DC
Empfindlichkeit	0,2 mV pro $W m^{-2}$	
Kalibrierungsfaktor (Reziprokwert der Empfindlichkeit)	5 $W m^{-2}$ pro mV	
Kalibrierunsicherheit bei 1000 $W m^{-2}$	Weniger als 3 % (siehe Kalibrierungsrückverfolgbarkeit unten)	
Kalibrierter Ausgangsbereich	0 bis 400 mV	
Wiederholbarkeit der Messung	Weniger als 1 %	
Langfristige Drift (Nicht-Stabilität)	Weniger als 2 % pro Jahr	
Nichtlinearität	Weniger als 1 % (bis zu 2000 $W m^{-2}$)	Weniger als 1 % (bis zu 2000 $W m^{-2}$)
Reaktionszeit	Weniger als 1 ms	
Sichtfeld	180°	
Spektralbereich	360 bis 1120 nm (Wellenlängen, bei denen die Reaktion 10 % des Maximums beträgt siehe Spektralantwort unten)	
Direktionale (Cosinus) Antwort	± 5 % bei 75° Zenitwinkel (siehe Cosinus-Antwort unten)	
Reaktion auf die Temperatur	0,04 \pm 0,04 % pro C (siehe Temperaturgang unten)	
Betriebsumgebung	-40 bis 70 C; 0 bis 100 % relative Luftfeuchtigkeit; kann bis zu 30 m in Wasser getaucht werden	
Abmessungen	24 mm Durchmesser, 33 mm Höhe	
Masse	90 g (mit 5 m Zuleitungsdraht)	
Kabel	5 m zweiadriges, abgeschirmtes, verdrehtes Kabel; TPR-Mantel (hohe Wasserbeständigkeit, hohe UV-Stabilität, Flexibilität bei Kälte); Pigtail-Zuleitungen; Edelstahl (316), M8-Stecker 25 cm vom Sensorkopf entfernt	

Rückführbarkeit der Kalibrierung

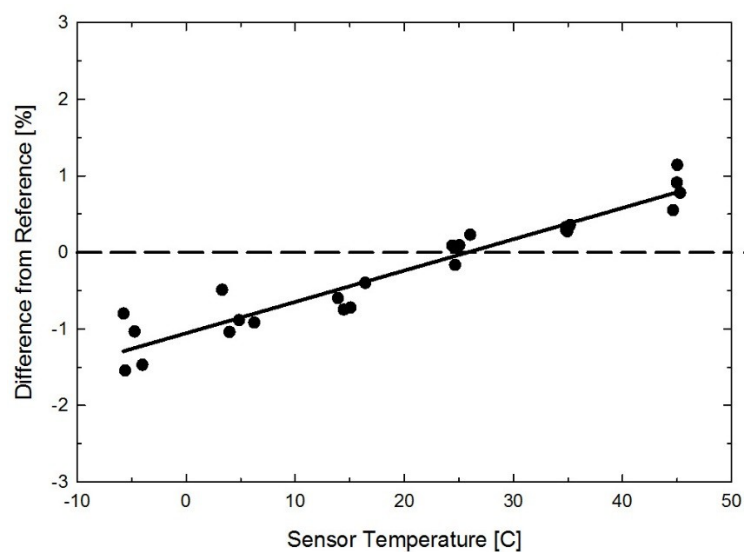
Die Pyranometer der SP-Serie von Apogee Instruments werden durch einen Seite-an-Seite-Vergleich mit dem Mittelwert von vier Transferstandard-Pyranometern des Modells SP-110 von Apogee (Referenz für kurzwellige Strahlung) unter Metallhalogenid-Entladungslampen mit hoher Intensität kalibriert. Die Transferstandard-Pyranometer werden durch den Vergleich mit dem Mittelwert von mindestens zwei ISO-klassifizierten Referenzpyranometern unter Sonnenlicht (bei klarem Himmel) in Logan, Utah, kalibriert. Jedes der vier ISO-klassifizierten Referenzpyranometer wird im jährlichen Wechsel (zwei Geräte pro Jahr) im National Renewable Energy Laboratory (NREL) in Golden, Colorado, neu kalibriert. Die NREL-Referenzstandards werden anhand der Welt-Radiometrierferenz (WRR) in Davos, Schweiz, kalibriert.

Spektrale Empfindlichkeit



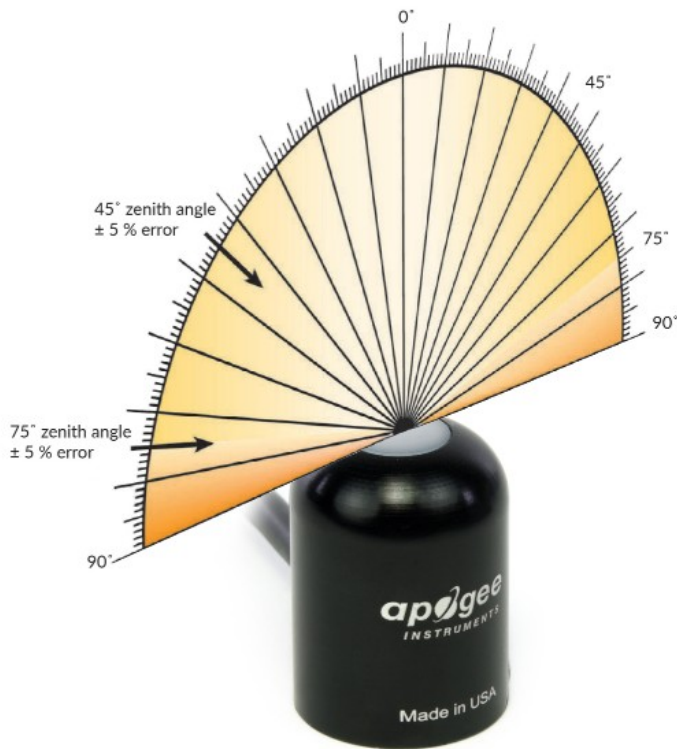
Schätzung der spektralen Empfindlichkeit von Apogee-Pyranometern mit Siliziumzellen. Die spektrale Empfindlichkeit wurde durch Multiplikation der spektralen Empfindlichkeit von Fotodiode, Diffusor und Klebstoff geschätzt. Die Messungen der spektralen Empfindlichkeit von Diffusor und Klebstoff wurden mit einem Spektrometer durchgeführt, und die Daten zur spektralen Empfindlichkeit der Fotodiode wurden vom Hersteller bezogen.

Reaktion auf die Temperatur

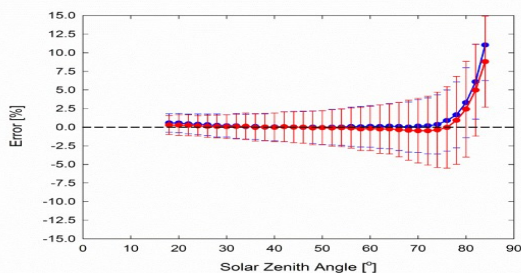


Mittleres Temperaturverhalten von vier Apogee-Pyranometern mit Siliziumzellen. Die Messungen der Temperaturreaktion erfolgten in Abständen von etwa 10 C über einen Temperaturbereich von etwa -10 bis 50 C unter Sonnenlicht. Jedes Pyranometer verfügte über einen internen Thermistor zur Temperaturmessung. Bei jedem Temperatursollwert wurde ein Referenz-Schwarzkörper-Pyranometer zur Messung der Sonnenintensität verwendet.

Cosinus-Empfindlichkeit



Die Richtungsabhängigkeit oder Cosinus-Empfindlichkeit ist definiert als der Messfehler bei einem bestimmten Strahlungseinfallswinkel. Der Fehler für Apogee-Pyranometer mit Siliziumzellen beträgt etwa $\pm 2\%$ und $\pm 5\%$ bei Zenitwinkeln der Sonne von 45° bzw. 75° .



Mittlere Cosinus-Empfindlichkeit von elf Apogee-Pyranometern mit Siliziumzellen (die **Fehlerbalken stellen zwei Standardabweichungen über und unter dem Mittelwert dar**). Die Messungen der Kosinusempfindlichkeit wurden während der Breitband-Außenradiometerkalibrierungen (BORCAL) durchgeführt, die in zwei verschiedenen Jahren am National Renewable Energy Laboratory (NREL) in Golden, Colorado, stattfanden. Die Kosinusreaktion wurde als relative Differenz der Pyranometer-Empfindlichkeit bei jedem Sonnenzenitwinkel zur Empfindlichkeit bei 45° Sonnenzenitwinkel berechnet. Die blauen Symbole sind AM-Messungen, die roten Symbole sind PM-Messungen.

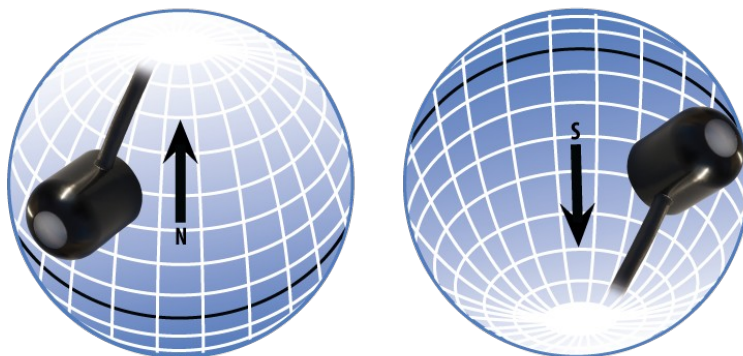
EINSATZ UND INSTALLATION

Befestigen Sie den Sensor mit der mitgelieferten Befestigungsschraube aus Nylon an einer festen Oberfläche. Um die auf eine horizontale Fläche auftreffende PPFD genau zu messen, muss der Sensor nivelliert werden. Eine Nivellierplatte von Apogee Instruments, Modell AL-100, wird empfohlen, um den Sensor zu nivellieren, wenn er auf einer ebenen Fläche verwendet oder auf Oberflächen wie Holz montiert wird. Um die Montage an einem Mast oder Rohr zu erleichtern, wird die Apogee Instruments AL-120 Solar-Montagehalterung mit Nivellierplatte empfohlen.

Das Pyranometermodell SP-230 wird mit einem Kunststoffabstandshalter geliefert, der zwischen dem Sensorkopf und der Nivellierplatte angebracht werden sollte. Der Abstandhalter ermöglicht eine effizientere Nutzung der internen Heizelemente, indem er mögliche Wärmeverluste durch Konduktion minimiert.



Um den Azimutfehler zu minimieren, sollte der Sensor so montiert werden, dass das Kabel auf der Nordhalbkugel nach Norden und auf der Südhalbkugel nach Süden ausgerichtet ist. Der Azimutfehler beträgt in der Regel weniger als 1 %, kann aber durch die richtige Kabelausrichtung leicht minimiert werden.



Neben der Ausrichtung des Kabels auf den nächstgelegenen Mast sollte der Sensor auch so montiert werden, dass keine Hindernisse (z. B. Stativ/Turm der Wetterstation oder andere Instrumente) den Sensor verdecken. **Nach der Montage sollte die grüne Kappe vom Sensor entfernt werden.** Die grüne Kappe kann als Schutzabdeckung für den Sensor verwendet werden, wenn er nicht in Gebrauch ist.

KABELSTECKVERBINDER

Apogee bietet seit März 2018 Inline-Kabelanschlüsse für einige Bare-Lead-Sensoren an, um das Entfernen der Sensoren von Wetterstationen zur Kalibrierung zu vereinfachen (das gesamte Kabel muss **nicht** von der Station entfernt und mit dem Sensor versandt werden).

Die robusten M8-Steckverbinder haben die Schutzart IP68, bestehen aus korrosionsbeständigem Edelstahl und sind für den dauerhaften Einsatz unter rauen Umgebungsbedingungen konzipiert.

Anweisungen

Stifte und Verdrahtungsfarben: Alle Apogee-Stecker haben sechs Stifte, aber nicht alle Stifte werden für jeden Sensor verwendet. Es können auch unbenutzte Kabelfarben im Kabel vorhanden sein. Um den Anschluss des Datenloggers zu vereinfachen, entfernen wir die unbenutzten Pigtail-Leitungsfarben am Datenlogger-Ende des Kabels.

Sollten Sie jemals ein Ersatzkabel benötigen, setzen Sie sich bitte direkt mit uns in Verbindung, um sicherzustellen, dass Sie die richtige Pigtail-Konfiguration bestellen.

Ausrichten: Wenn Sie Ihren Sensor wieder anschließen, sorgen Pfeile auf der Steckerhülle und eine Ausrichtungskerbe für die richtige Ausrichtung.

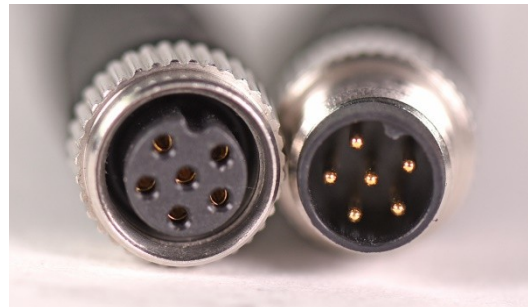
Trennen der Verbindung über einen längeren Zeitraum: Wenn Sie den Sensor für längere Zeit von einer Station trennen, schützen Sie die verbleibende Hälfte des Steckers, die sich noch an der Station befindet, mit Isolierband oder einer anderen Methode vor Wasser und Schmutz.

Festziehen: Die Steckverbinder dürfen nur mit den Fingern fest angezogen werden. Im Inneren des Steckers befindet sich ein O-Ring, der bei Verwendung eines Schraubenschlüssels übermäßig zusammengedrückt werden kann. Achten Sie auf die Ausrichtung der Gewinde, um ein Überdrehen zu vermeiden. Nach dem vollständigen Festziehen können noch 1-2 Gewinde sichtbar sein.

***HINWEIS:** Um eine Beschädigung der Stifte im Inneren des Steckers zu vermeiden, ziehen Sie den Stecker nur mit den Fingern an, indem Sie die Metallmutter drehen. Ziehen Sie ihn **nicht** durch Drehen des schwarzen Kabels fest.



Inline-Kabelanschlüsse werden 30 cm vom Kopf entfernt installiert



Eine Referenzkerbe im Inneren des Steckers gewährleistet korrekte Ausrichtung vor dem Festziehen.



Wenn Sie Sensoren zur Kalibrierung einschicken, senden Sie nur das kurze Ende des Kabels und die Hälfte des Steckers ein.



Fest mit den Fingern anziehen

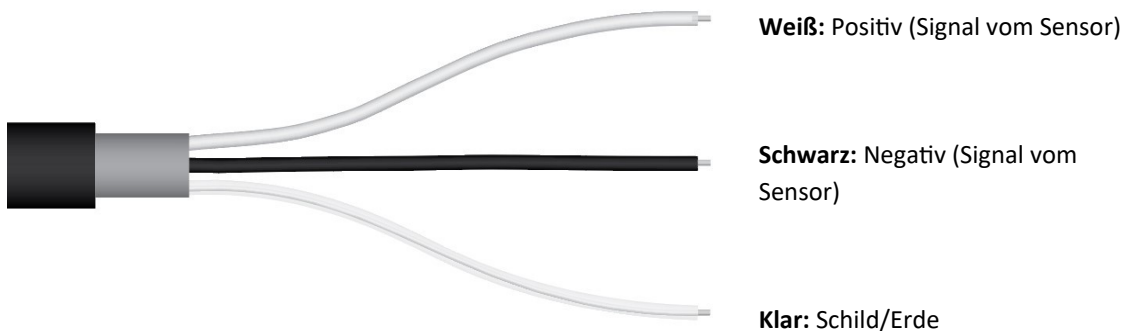
BETRIEB UND MESSUNG

Schließen Sie den Sensor an ein Messgerät (Messgerät, Datenlogger, Steuergerät) an, das in der Lage ist, ein Millivolt-Signal (mV) zu messen und anzuzeigen oder aufzuzeichnen (ein Eingangsmessbereich von etwa 0-250 mV ist erforderlich, um den gesamten Bereich der kurzwelligen Gesamtstrahlung der Sonne abzudecken). Um die Messauflösung und das Signal-Rausch-Verhältnis zu maximieren, sollte der Eingangsbereich des Messgeräts eng mit dem Ausgangsbereich des Pyranometers übereinstimmen.

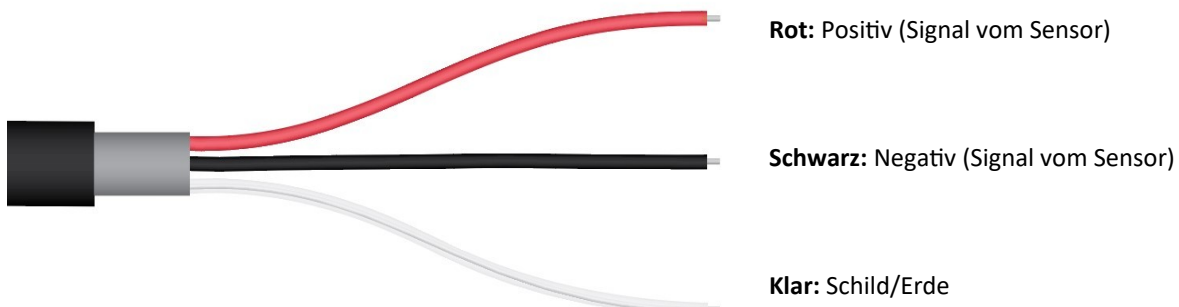
SP-110: Der Sensor ist selbstversorgend und das Anlegen von Spannung beschädigt den Sensor.

SEHR WICHTIG: Apogee hat die Farben der Verdrahtung aller unserer Bare-Lead-Sensoren im März 2018 in Verbindung mit der Einführung von Inline-Kabelanschlüssen bei einigen Sensoren geändert. Um eine ordnungsgemäße Verbindung zu Ihrem Datengerät zu gewährleisten, notieren Sie sich bitte Ihre Seriennummer, oder wenn Ihr Sensor einen Edelstahlstecker 30 cm vom Sensorkopf entfernt hat, verwenden Sie die entsprechende, unten aufgeführte Verdrahtungskonfiguration. Mit der Umstellung auf Steckverbinder sind wir auch dazu übergegangen, Kabel zu verwenden, die nur 4 oder 7 interne Adern haben. Um den Anschluss unserer verschiedenen Sensoren an Ihr Gerät zu erleichtern, schneiden wir je nach Sensor alle nicht verwendeten Adern am Ende des Kabels ab. Wenn Sie das Kabel abschneiden oder das Original-Pigtail modifizieren, finden Sie darin möglicherweise Drähte, die für Ihren speziellen Sensor nicht verwendet werden. In diesem Fall ignorieren Sie bitte die zusätzlichen Drähte und folgen Sie der mitgelieferten farbcodierten Verdrahtungsanleitung.

Verkabelung für SP-110 Seriennummern 60051 und höher oder mit einem Kabelanschluss

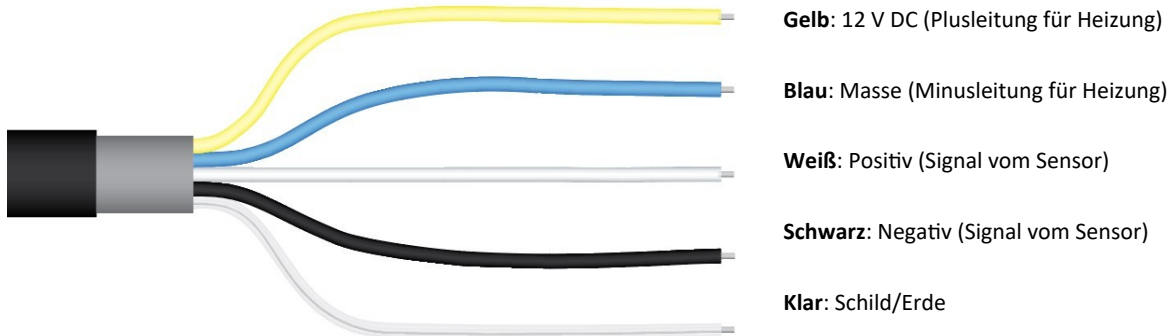


Verdrahtung für SP-110 Seriennummernbereich 0-60050



SP-230: Legen Sie Spannung nur an die integrierten Heizelemente an. Der Sensor ist selbstversorgend und das Anlegen von Spannung würde den Sensor beschädigen.

Verkabelung für SP-230 Seriennummern 9898 und höher oder mit einem Kabelanschluss



Verdrahtung für SP-230 Seriennummernbereich 0-9897



Sensor-Kalibrierung

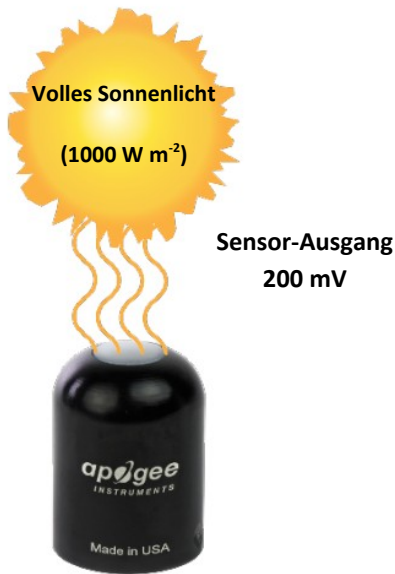
Alle unverstärkten Pyranometermodelle von Apogee haben einen Standardkalibrierungsfaktor von genau:

$$5,0 \text{ W m}^{-2} \text{ pro mV}$$

Multiplizieren Sie diesen Kalibrierungsfaktor mit dem gemessenen mV-Signal, um den Sensorausgang in Kurzwellenstrahlung in der Einheit W m^{-2} umzurechnen:

Kalibrierungsfaktor ($5,0 \text{ W m}^{-2} \text{ pro mV}$) * Sensorausgangssignal (mV) = gesamte kurzwellige Strahlung (W m^{-2})

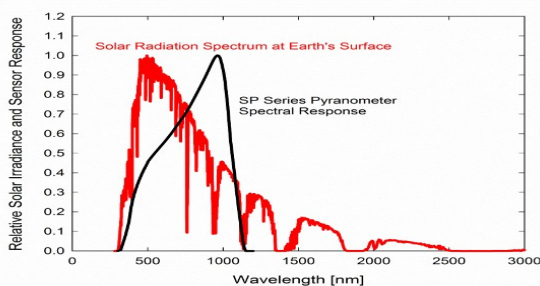
$$5.0 \quad *200 \quad = \quad 1000$$



Beispiel einer Messung der gesamten kurzwelligigen Strahlung mit einem Apogee SP-110 Pyranometer. Bei vollem Sonnenlicht beträgt die gesamte kurzwellige Strahlung auf einer horizontalen Ebene an der Erdoberfläche etwa 1000 W m^{-2} . Daraus ergibt sich ein Ausgangssignal von 200 mV . Das Signal wird in kurzwellige Strahlung umgerechnet, indem es mit dem Kalibrierungsfaktor von $5,0 \text{ W m}^{-2}$ pro mV multipliziert wird.

Spektrale Fehler bei Messungen mit Silizium-Zellen-Pyranometern

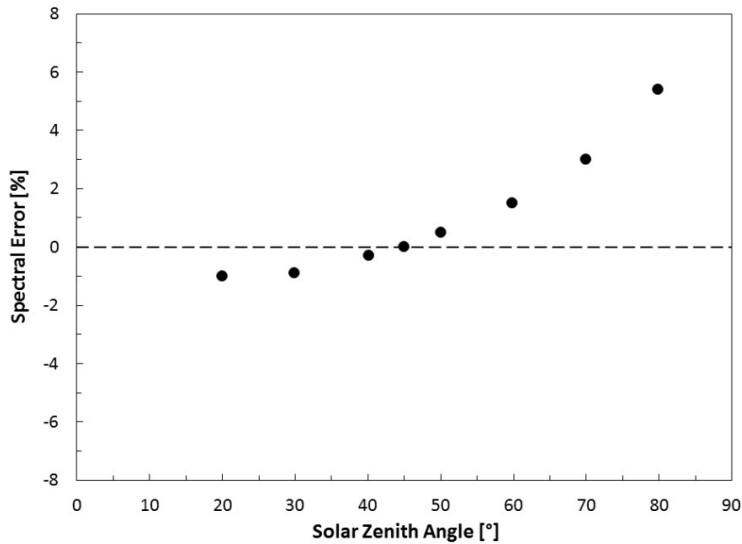
Die Pyranometer der Apogee SP-Serie werden in einem Kalibrierlabor unter elektrischen Lampen kalibriert. Das Kalibrierverfahren simuliert die Kalibrierung unter klaren Himmelsbedingungen bei einem Zenitwinkel der Sonne von etwa 45° . Aufgrund der begrenzten spektralen Empfindlichkeit von Siliziumzellen-Pyranometern im Vergleich zum Sonnenstrahlungsspektrum (siehe Grafik unten) treten jedoch spektrale Fehler auf, wenn Messungen unter Bedingungen durchgeführt werden, die sich von den Bedingungen unterscheiden, unter denen der Sensor kalibriert wurde (z. B. unterscheidet sich das Sonnenspektrum bei klarem und bewölktem Himmel, so dass Messungen bei bewölktem Himmel zu spektralen Fehlern führen, da die Sensoren unter klaren Himmelsbedingungen kalibriert wurden).



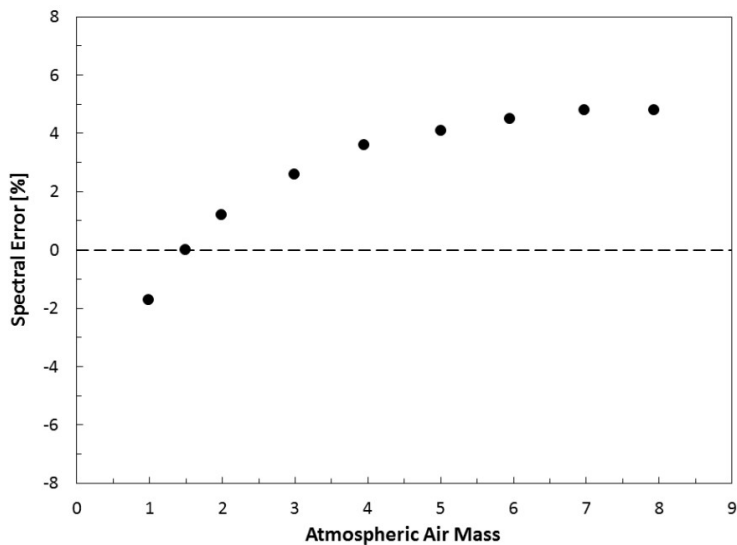
Spektrale Empfindlichkeit von Pyranometern der Apogee SP-Serie im Vergleich zum Spektrum der Sonnenstrahlung an der Erdoberfläche. Siliziumzellen-Pyranometer wie die Apogee SP-Serie sind nur für den Wellenlängenbereich von etwa $350\text{-}1100 \text{ nm}$ empfindlich und nicht für alle Wellenlängen innerhalb dieses Bereichs gleichermaßen. Wenn der Spektralgehalt der Sonnenstrahlung erheblich von dem Spektrum abweicht, auf das die Siliziumzellen-Pyranometer kalibriert wurden, kommt es zu spektralen Fehlern.

Siliziumzellen-Pyranometer können auch zur Messung kurzwelliger Strahlung bei nicht klarem Himmel oder von anderen Strahlungsquellen als dem einfallenden Sonnenlicht verwendet werden, doch treten bei der Messung von Strahlung mit Siliziumzellen-Pyranometern unter diesen Bedingungen spektrale Fehler auf. Die nachstehenden Diagramme zeigen die geschätzten spektralen Fehler von Apogee-Siliziumzellen-Pyranometern bei unterschiedlichen

Zenitwinkeln der Sonne und unterschiedlichen atmosphärischen Luftmassen. Der Diffusor ist so optimiert, dass die Richtungsfehler minimiert werden. Daher zeigt das Kosinus-Antwort-Diagramm im Abschnitt "Spezifikationen" die tatsächlichen Richtungsfehler in der Praxis (einschließlich der Beiträge der spektralen Verschiebung, die mit dem Sonnenzenitwinkel und der atmosphärischen Luftmasse je nach Tages- und Jahreszeit auftritt). Die nachstehende Tabelle enthält Schätzungen des spektralen Fehlers für die Messung kurzweiliger Strahlung aus anderen Quellen als der Sonnenstrahlung bei klarem Himmel.



Spektraler Fehler für Pyranometer der Apogee SP-Serie als Funktion des Sonnenzenitwinkels, unter der Annahme einer Kalibrierung bei einem Zenitwinkel von 45 .°



Spektraler Fehler für Pyranometer der Apogee SP-Serie als Funktion der atmosphärischen Luftmasse, unter der Annahme einer Kalibrierung bei einer Luftmasse von 1,5.

Spektrale Fehler bei der Messung der kurzwelligen Strahlung mit Pyranometern der Apogee SP-Serie

Strahlungsquelle (Fehler berechnet in Bezug auf die Sonne, klarer Himmel)	Fehler [%]
Sonne (klarer Himmel)	0.0
Sonne (bewölkter Himmel)	9.6
Reflektiert vom Grasdach	14.6
Reflektiert von Laubdächern	16.0
Reflektiert von Nadelbaumkronen	19.2
Reflektiert von landwirtschaftlichen Böden	-12.1
Vom Waldboden reflektiert	-4.1
Vom Wüstenboden reflektiert	3.0
Vom Wasser reflektiert	6.6
Vom Eis reflektiert	0.3
Vom Schnee reflektiert	13.7

Betrieb des Sensors mit Heizung (SP-230)

Die Pyranometer des Modells SP-230 von Apogee verfügen über eine interne Heizung, um den Sensor bei Niederschlägen oder bei Tau-, Frost- und Schneeablagerungen zu erwärmen. Die Heizung dient dazu, Wasser (flüssig oder gefroren) vom Diffusor fernzuhalten. Sie muss jedoch nicht verwendet werden, um die kurzwellige Strahlung zu messen. Wenn sich jedoch Wasser auf der Oberfläche des Diffusors befindet, kann es zu Fehlern kommen. Wenn die Heizung unter Bedingungen, die keine Heizung erfordern, ständig eingeschaltet ist, wird der Sensor nicht beschädigt und die Messungen werden nicht beeinflusst.

INSTANDHALTUNG UND REKALIBRIERUNG

Feuchtigkeit oder Ablagerungen auf dem Diffusor sind eine häufige Ursache für niedrige Messwerte. Der Sensor verfügt über einen gewölbten Diffusor und ein gewölbtes Gehäuse zur besseren Selbstreinigung bei Regen, aber es können sich Materialien auf dem Diffusor ansammeln (z. B. Staub in regenarmen Zeiten, Salzablagerungen durch Verdunstung von Gischt oder Sprinklerbewässerung) und den optischen Pfad teilweise blockieren. Staub oder organische Ablagerungen lassen sich am besten mit Wasser oder Fensterreiniger und einem weichen Tuch oder Wattestäbchen entfernen. Salzablagerungen sollten mit Essig aufgelöst und mit einem weichen Tuch oder Wattestäbchen entfernt werden. **Verwenden Sie niemals Scheuermittel oder Reinigungsmittel für den Diffusor.**

Obwohl Apogee-Sensoren sehr stabil sind, ist eine nominelle Genauigkeitsdrift für alle Sensoren in Forschungsqualität normal. Um maximale Genauigkeit zu gewährleisten, empfehlen wir im Allgemeinen, die Sensoren alle zwei Jahre zur Neukalibrierung einzusenden, obwohl Sie je nach Ihren speziellen Toleranzen auch länger warten können.

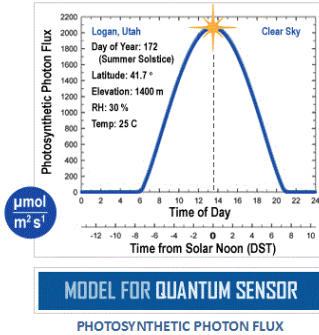
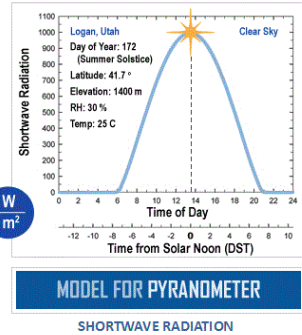
Um festzustellen, ob Ihr Sensor neu kalibriert werden muss, kann die Website und/oder Smartphone-App Clear Sky Calculator (www.clearskycalculator.com) verwendet werden, um die gesamte kurzweilige Strahlung anzuzeigen, die zu jeder Tageszeit und an jedem Ort der Welt auf eine horizontale Fläche trifft. Er ist am genauesten, wenn er in den Frühlings- und Sommermonaten in der Nähe der Mittagszeit verwendet wird, wobei die Genauigkeit über mehrere klare und unverschmutzte Tage hinweg in allen Klimazonen und an allen Orten der Welt auf $\pm 4\%$ geschätzt wird. Die beste Genauigkeit wird erreicht, wenn der Himmel völlig klar ist, da die von Wolken reflektierte Strahlung die einfallende Strahlung über den vom Rechner für klaren Himmel vorhergesagten Wert hinaus erhöht. Gemessene Werte der gesamten kurzweiligen Strahlung können aufgrund der Reflexion von dünnen, hohen Wolken und Wolkenrändern, die die eintreffende kurzweilige Strahlung verstärken, die vom Clear Sky Calculator vorhergesagten Werte übersteigen. Der Einfluss hoher Wolken zeigt sich in der Regel als Spitzen über den Werten für den klaren Himmel und nicht als konstanter Offset über den Werten für den klaren Himmel.

Um festzustellen, ob eine Neukalibrierung erforderlich ist, geben Sie die Standortbedingungen in den Rechner ein und vergleichen Sie die Messungen der gesamten kurzweiligen Strahlung mit den berechneten Werten für einen klaren Himmel. Wenn die Messungen der kurzweiligen Strahlung des Sensors an mehreren Tagen in der Nähe der Mittagszeit konstant von den berechneten Werten abweichen (um mehr als 6%), sollte der Sensor gereinigt und neu nivelliert werden. Wenn die Messungen nach einem zweiten Test immer noch unterschiedlich sind, senden Sie eine E-Mail an calibration@apogeeinstruments.com, um die Testergebnisse und eine mögliche Rücksendung des Sensors/der Sensoren zu besprechen.



This calculator determines the intensity of radiation falling on a horizontal surface at any time of the day in any location in the world. The primary use of this calculator is to determine the need for recalibration of radiation sensors. It is most accurate when used near solar noon in the summer months.

This site developed and maintained by: **apogee** INSTRUMENTS



Homepage des Clear Sky Calculator. Es sind zwei Rechner verfügbar: Einer für Pyranometer (kurzwellige Gesamtstrahlung) und einer für Quantensensoren (photosynthetische Photonenflussdichte).



FOR QUANTUM SENSORS

HOME

Input Parameters for Estimating Photosynthetic Photon Flux (PPF):

Output from Model:

- For best accuracy, comparison should be made on clear, non-polluted, summer days within one hour of solar noon.
- Enter input parameters in the blue cells at right. Definitions are shown below.
- Sensor must be level and perfectly clean. Enter your measured solar radiation in the blue "Measured PPF" cell at far right.
- Difference between the model and your sensor is shown in the yellow "DIFFERENCE FROM MODEL" cell at right.
- Run the model on replicate days. Contact Apogee for recalibration if the measured value is more than 5 % different than the estimated value. You will be contacted within two business days.

Latitude =

Longitude =

Longitude_{tz} =

Elevation = m

Day of Year =

Time of Day = (6 min = 0.1 hr)

Daylight Savings = + hr

Air Temperature = C

Relative Humidity = %

Model Estimated PPF = $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

Measured PPF = $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

DIFFERENCE FROM MODEL = %

+ CONTACT APOGEE FOR RECALIBRATION

Name:

E-mail:

Phone:

Serial #:

Comments:

For a discussion on model accuracy and sensitivity of input parameters, [CLICK HERE](#).

RECALCULATE MODEL

SEND INFO TO APOGEE

INPUT AND OUTPUT DEFINITIONS

Latitude = latitude of the measurement site [degrees]; for southern hemisphere, insert as a negative number; info may be obtained from <http://touchmap.com/latlong.html>

Longitude = longitude of the measurement site [degrees]; expressed as positive degrees west of the standard meridian in Greenwich, England (e.g. 74° for New York, 260° for Bangkok, Thailand, and 358° for Paris, France).

Longitude_{tz} = longitude of the center of your local time zone [degrees]; expressed as positive degrees

This site is developed and maintained by: **apogee** INSTRUMENTS

calibration@apogee-inst.com

Clear Sky Calculator für Pyranometer. Die Standortdaten werden in die blauen Zellen in der Mitte der Seite eingegeben, und eine Schätzung der gesamten kurzwelligen Strahlung wird auf der rechten Seite angezeigt.

FEHLERBEHEBUNG UND KUNDENSUPPORT

Unabhängige Überprüfung der Funktionsfähigkeit

Die Pyranometer der Modelle SP-110 und SP-230 von Apogee sind selbstversorgende Geräte und geben ein Spannungssignal aus, das proportional zur einfallenden Kurzwellenstrahlung ist. Eine schnelle und einfache Überprüfung der Sensorfunktionalität kann mit einem Voltmeter mit Millivolt (mV) Auflösung durchgeführt werden. Verbinden Sie das positive Kabel des Voltmeters mit dem weißen Kabel des Sensors und das negative (oder gemeinsame) Kabel des Voltmeters mit dem schwarzen Kabel des Sensors. Richten Sie die Sensorabdeckung auf eine Lichtquelle und überprüfen Sie, ob der Sensor ein Signal liefert. Vergrößern und verkleinern Sie den Abstand zwischen dem Sensorkopf und der Lichtquelle, um zu überprüfen, ob sich das Signal proportional ändert (abnehmendes Signal bei zunehmendem Abstand und zunehmendes Signal bei abnehmendem Abstand). Wird die gesamte Strahlung des Sensors blockiert, sollte das Sensorsignal auf Null sinken.

Die Heizelemente im Inneren des Apogee-Modells SP-230 sind so konzipiert, dass sie die Auswirkungen von Schnee, Frost und Tau abschwächen, indem sie die Temperatur des Sensorkörpers um etwa 3 °C über die Umgebungstemperatur anheben, während keine Sonneneinstrahlung oder Strahlungswärme vorhanden ist. Eine schnelle und einfache Überprüfung der Heizungsfunktionalität kann mit einem Ohmmeter durchgeführt werden. Verbinden Sie die Anschlussdrähte des Ohmmeters mit den gelben und blauen Drähten des Sensors. Der Widerstand sollte etwa $780 \Omega \pm 1 \%$ betragen.

Kompatible Messgeräte (Datenlogger/Controller/Messgeräte)

Die Pyranometer der Modelle SP-110 und SP-230 sind mit einem Standardkalibrierungsfaktor von $5,0 \text{ W m}^{-2}$ pro mV kalibriert, was eine Empfindlichkeit von $0,2 \text{ mV pro W m}^{-2}$ ergibt. Ein kompatibles Messgerät (z. B. ein Datenlogger oder ein Steuergerät) sollte also eine Auflösung von mindestens $0,2 \text{ mV}$ haben, um eine Auflösung der Kurzwellenstrahlung von 1 W m^{-2} zu erreichen.

Ein Beispiel für ein Datenlogger-Programm für Campbell Scientific Datenlogger finden Sie auf der Apogee-Webseite unter <http://www.apogeeinstruments.com/content/Pyranometer-Unamplified.CR1>.

Einfluss der Kabellänge

Wenn der Sensor an ein Messgerät mit hoher Eingangsimpedanz angeschlossen ist, werden die Ausgangssignale des Sensors durch eine Verkürzung des Kabels oder das Aufspießen eines zusätzlichen Kabels im Feld nicht verändert. Tests haben gezeigt, dass bei einer Eingangsimpedanz des Messgeräts von 1 Mega-Ohm oder mehr die Kalibrierung des Pyranometers selbst nach Hinzufügen von bis zu 100 m Kabel nur geringfügig beeinflusst wird. Die Pyranometer der Serie SP von Apogee verwenden abgeschirmte, paarweise verdrehte Kabel, die elektromagnetische Störungen minimieren. Dies ist besonders wichtig bei großen Leitungslängen in elektromagnetisch verrauschten Umgebungen.

Ändern der Kabellänge

Siehe Apogee-Webseite für Details zur Verlängerung des Sensorkabels (<http://www.apogeeinstruments.com/how-to-make-a-weatherproof-cable-splice/>).

RÜCKGABE- UND GEWÄHRLEISTUNGSBESTIMMUNGEN

RÜCKGABE-POLITIK

Apogee Instruments akzeptiert Rücksendungen innerhalb von 30 Tagen nach dem Kauf, sofern sich das Produkt im Neuzustand befindet (wird von Apogee festgelegt). Für Rücksendungen wird eine Wiedereinlagerungsgebühr von 10 % erhoben.

GARANTIEBESTIMMUNGEN

Was ist abgedeckt?

Für alle von Apogee Instruments hergestellten Produkte gilt eine Garantie von vier (4) Jahren ab dem Datum der Auslieferung aus unserem Werk, dass sie frei von Material- und Verarbeitungsfehlern sind. Um die Garantie in Anspruch nehmen zu können, muss ein Artikel von Apogee bewertet werden.

Für Produkte, die nicht von Apogee hergestellt werden (Spektralradiometer, Chlorophyllgehalt-Messgeräte, EE08-SS-Sonden), gilt eine Garantie von einem (1) Jahr.

Was nicht abgedeckt ist

Der Kunde ist für alle Kosten verantwortlich, die im Zusammenhang mit dem Ausbau, dem Wiedereinbau und dem Versand von Artikeln mit Garantieverdacht an unser Werk entstehen.

Die Garantie gilt nicht für Geräte, die aufgrund der folgenden Bedingungen beschädigt wurden:

1. Unsachgemäße Installation, Verwendung oder Missbrauch.
2. Betrieb des Geräts außerhalb des spezifizierten Betriebsbereichs.
3. Naturereignisse wie Blitzschlag, Feuer usw.
4. Unbefugte Änderung.
5. Unsachgemäße oder nicht autorisierte Reparatur.

Bitte beachten Sie, dass eine Abweichung der Nenngenaugkeit im Laufe der Zeit normal ist. Die routinemäßige Neukalibrierung von Sensoren/Messgeräten wird als Teil der ordnungsgemäßen Wartung betrachtet und ist nicht von der Garantie abgedeckt.

Wer ist abgedeckt?

Diese Garantie gilt für den Erstkäufer des Produkts oder eine andere Partei, die das Produkt während der Garantiezeit besitzt.

Was Apogee tun wird

Apogee wird kostenlos sein:

1. Wir reparieren oder ersetzen (nach unserem Ermessen) den Artikel im Rahmen der Garantie.
2. Rücksendung des Artikels an den Kunden durch einen Spediteur unserer Wahl.

Andere oder schnellere Versandmethoden gehen zu Lasten des Kunden.

Wie man einen Artikel zurückgibt - Um Reparaturen/Garantie kümmert sich im Raum D, A, CH die UP GmbH. Füllen Sie dazu bitte das Rücksendeformular

https://www.upgmbh.com/fileadmin/user_upload/up_products/pdf/Ruecksendformular.pdf aus und senden Sie es zusammen mit dem Gerät an unser Büro in Cottbus!

1. Bitte senden Sie keine Produkte an Apogee Instruments zurück!
2. Senden Sie alle Sensoren und Messgeräte in folgendem Zustand zurück, um die Garantie zu prüfen: Reinigen Sie das Äußere des Sensors und das Kabel. Nehmen Sie keine Änderungen an den Sensoren oder Kabeln vor, wie z. B. Spleißen, Abschneiden von Kabeln usw. Wenn ein Stecker am Kabelende angebracht wurde, legen Sie bitte den Gegenstecker bei - andernfalls wird der Sensorstecker entfernt, um die Reparatur/Neukalibrierung abzuschließen. **Hinweis:** *Wenn Sie Sensoren mit Apogees Standard-Edelstahlsteckern zur Routinekalibrierung zurücksenden, brauchen Sie den Sensor nur mit dem 30 cm langen Kabelstück und der Hälfte des Steckers einzusenden. Wir haben in unserem Werk Gegenstecker, die für die Kalibrierung des Sensors verwendet werden können.*
3. Senden Sie den Artikel frachtfrei und vollständig versichert an unsere Werksadresse. Wir sind nicht verantwortlich für Kosten, die mit dem Transport von Produkten über internationale Grenzen hinweg verbunden sind.
- 4. Nach Erhalt wird Apogee Instruments die Ursache des Fehlers feststellen. Wenn sich herausstellt, dass das Produkt aufgrund von Material- oder Verarbeitungsfehlern nicht gemäß den veröffentlichten Spezifikationen funktioniert, wird Apogee Instruments die Teile kostenlos reparieren oder ersetzen. Wenn festgestellt wird, dass Ihr Produkt nicht unter die Garantie fällt, werden Sie informiert und erhalten einen Kostenvoranschlag für die Reparatur bzw. den Ersatz.**

PRODUKTE NACH ABLAUF DER GEWÄHRLEISTUNGSFRIST

Bei Problemen mit Sensoren, die über die Garantiezeit hinausgehen, wenden Sie sich bitte an Apogee unter support@upgmbh.com, um Reparatur- oder Austauschoptionen zu besprechen.

ANDERE BEGRIFFE

Apogee Instruments ist nicht verantwortlich für direkte, indirekte, zufällige oder Folgeschäden, einschließlich, aber nicht beschränkt auf Einkommensverluste, Einnahmeverluste, Gewinnverluste, Datenverluste, Lohnverluste, Zeitverluste, Umsatzverluste, das Entstehen von Schulden oder Ausgaben, die Verletzung von persönlichem Eigentum oder die Verletzung von Personen oder andere Arten von Schäden oder Verlusten.

Diese eingeschränkte Garantie und alle Streitigkeiten, die sich aus oder in Verbindung mit dieser eingeschränkten Garantie ergeben ("Streitigkeiten"), unterliegen den Gesetzen des Staates Utah, USA, unter Ausschluss der Grundsätze des Kollisionsrechts und unter Ausschluss des Übereinkommens über den internationalen Warenkauf. Die Gerichte im Bundesstaat Utah, USA, haben die ausschließliche Zuständigkeit für alle Streitigkeiten.

Diese eingeschränkte Garantie gibt Ihnen bestimmte gesetzliche Rechte, und Sie können auch andere Rechte haben, die von Staat zu Staat und von Gerichtsbarkeit zu Gerichtsbarkeit variieren und die von dieser eingeschränkten Garantie nicht betroffen sind. Diese Garantie gilt nur für Sie und kann nicht übertragen oder abgetreten werden. Sollte eine Bestimmung dieser eingeschränkten Garantie ungesetzlich, ungültig oder nicht durchsetzbar sein, so gilt diese Bestimmung als abtrennbar und berührt die übrigen Bestimmungen nicht. Im Falle von Unstimmigkeiten zwischen der englischen und der anderen Version dieser eingeschränkten Garantie ist die englische Version maßgebend.

Diese Garantie kann nicht durch eine andere Person oder Vereinbarung geändert, übernommen oder ergänzt werden.