



Umweltanalytische
Produkte GmbH

apogee[®]
INSTRUMENTS

BEDIENUNGSANLEITUNG

QUANTUM-SENSOR

Modell SQ-204X

Rev: 12. September 2002



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

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|--|----|
| Bedienungsanleitung..... | 1 |
| Konformitätsbescheinigung..... | 3 |
| Einführung..... | 5 |
| Sensormodelle..... | 6 |
| Technische..... | 7 |
| Inbetriebnahme und Installation..... | 9 |
| Kabelanschlüsse..... | 11 |
| Betrieb und Messung..... | 11 |
| Wartung und Neukalibrierung..... | 16 |
| Fehlerbehebung und Kundendienst..... | 18 |
| Rückgabe- und Garantiebedingungen..... | 19 |

KONFORMITÄTSBESCHEINIGUNG

EU-Konformitätserklärung

Diese Konformitätserklärung wird unter der alleinigen Verantwortung des Herstellers ausgestellt:

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

für die folgenden Produkte:

Modelle: SQ-204X
Typ: Quantensensor

Der Gegenstand der oben beschriebenen Erklärung entspricht 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 | Änderung von Anhang II der Richtlinie 2011/65/EU (RoHS 3) |

Bei der Konformitätsbewertung herangezogene Normen:

| | |
|-----------------|--|
| EN 61326-1:2013 | Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – EMV-Anforderungen |
| EN 63000:2018 | Technische Dokumentation zur Bewertung von Elektro- und Elektronikgeräten im Hinblick auf die Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe |

Wir weisen darauf hin, dass die von uns hergestellten Produkte nach den uns von unseren Rohstofflieferanten vorliegenden Informationen keine der folgenden Stoffe als absichtliche Zusatzstoffe enthalten: Blei (siehe Hinweis unten), Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom, polybromierte Biphenyle (PBB), polybromierte Diphenylether (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 % gemäß Ausnahmeregelung 6c RoHS 3-konform sind.

Beachten Sie außerdem, dass Apogee Instruments keine spezifischen Analysen unserer Rohstoffe oder Endprodukte auf das Vorhandensein dieser Stoffe durchführt, sondern sich auf die Informationen unserer Materiallieferanten verlässt.

Unterzeichnet für und im Namen von:
Apogee Instruments, September 2022

Bruce Bugbee
Präsident
Apogee Instruments, Inc.



KONFORMITÄTSBESCHEINIGUNG

Konformitätserklärung für das Vereinigte Königreich

Diese Konformitätserklärung wird unter der alleinigen Verantwortung des Herstellers ausgestellt:

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

für die folgenden Produkte:

Modelle: SQ-204X
Typ: Quantensensor

Der Gegenstand der oben beschriebenen Erklärung entspricht den einschlägigen britischen Rechtsvorschriften und deren Änderungen:

| | |
|---------------|---|
| 2016 Nr. 1091 | Elektromagnetische Verträglichkeitsverordnung 2016 |
| 2012 Nr. 3032 | Verordnung über die Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten 2012 |

Bei der Konformitätsbewertung herangezogene Normen:

| | |
|--------------------|---|
| BS EN 61326-1:2013 | Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – EMV-Anforderungen |
| BS EN 63000:2018 | Technische Dokumentation zur Bewertung von Elektro- und Elektronikgeräten im Hinblick auf die Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe |

Bitte beachten Sie, dass die von uns hergestellten Produkte nach den uns von unseren Rohstofflieferanten zur Verfügung gestellten Informationen keine der folgenden Stoffe als absichtliche Zusatzstoffe enthalten: Blei (siehe Hinweis unten), Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom, polybromierte Biphenyle (PBB), polybromierte Diphenylether (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 % gemäß Ausnahmeregelung 6c RoHS 3-konform sind.

Beachten Sie außerdem, dass Apogee Instruments keine spezifischen Analysen unserer Rohstoffe oder Endprodukte auf das Vorhandensein dieser Stoffe durchführt, sondern sich auf die Informationen unserer Materiallieferanten verlässt.

Unterzeichnet für und im Namen von:
Apogee Instruments, September 2022

Bruce Bugbee
Präsident
Apogee Instruments, Inc.

EINFÜHRUNG

Strahlung, die die Photosynthese antreibt, wird als photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) bezeichnet und typischerweise als Gesamtstrahlung im Bereich von 400 bis 700 nm definiert. PAR wird häufig als photosynthetische Photonenflussdichte (PPFD) ausgedrückt: Photonenfluss in Einheiten von Mikromol pro Quadratmeter pro Sekunde ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, entspricht Mikroeinsteins pro Quadratmeter pro Sekunde), summiert von 400 bis 700 nm (Gesamtzahl der Photonen von 400 bis 700 nm). Einsteins und Mikromol sind zwar gleich (ein Einstein = ein Mol Photonen), aber Einstein ist keine SI-Einheit, daher wird die Angabe von PPFD in $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ bevorzugt.

Die Abkürzung PPF ist ebenfalls weit verbreitet und bezieht sich auf den photosynthetischen Photonenfluss. Die Abkürzungen PPF und PPFD beziehen sich auf dieselbe Variable. Die beiden Begriffe haben sich parallel entwickelt, da es keine universelle Definition des Begriffs „Fluss“ gibt. Einige Physiker definieren Fluss als pro Flächeneinheit pro Zeiteinheit. Andere definieren Fluss nur als pro Zeiteinheit. Wir haben in diesem Handbuch PPFD verwendet, da wir der Meinung sind, dass es besser ist, vollständiger und möglicherweise redundant zu sein.

Sensoren, die PPFD messen, werden aufgrund der quantisierten Natur der Strahlung oft als Quantensensoren bezeichnet. Ein Quant bezeichnet die Mindestmenge an Strahlung, ein Photon, die an physikalischen Wechselwirkungen beteiligt ist (z. B. Absorption durch photosynthetische Pigmente). Mit anderen Worten: Ein Photon ist ein einzelnes Quant der Strahlung.

Typische Anwendungen von Quantensensoren sind die Messung der einfallenden PPFD über Pflanzenbeständen im Freien oder in Gewächshäusern und Wachstumskammern sowie die Messung der reflektierten oder unter dem Pflanzenbestand (durchgelassenen) PPFD in denselben Umgebungen .

Die Quantensensoren der Serie SQ-100X von Apogee Instruments bestehen aus einem Diffusor (Filter) aus gegossenem Acryl, einem Interferenzfilter, 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, ohne inneren Luftraum, und für die kontinuierliche PPFD-Messung in Innen- und Außenbereichen ausgelegt. Die Sensoren der SQ-100X-Serie geben eine analoge Spannung aus, die direkt proportional zur PPFD ist. Das Spannungssignal des Sensors ist direkt proportional zur Strahlung, die auf eine ebene Fläche (die nicht horizontal sein muss) trifft, wobei die Strahlung aus allen Winkeln einer Halbkugel einfällt.

SENSORMODELLE

Dieses Handbuch behandelt das quantenbasierte Sensormodell SQ-204X mit verstärktem Ausgang (unten fett gedruckt). Weitere Modelle werden in den jeweiligen Handbüchern behandelt.

| Modell | Signal |
|----------------|----------------|
| SQ-204X | 4–20 mA |
| SQ-100X | 0–800 mV |
| SQ-202X | 0–2,5 V |
| SQ-205X | 0–5 V |
| SQ-420X | USB |
| SQ-421X | SDI-12 |
| SQ-422X | Modbus |



Die Modellnummer und Seriennummer eines Sensors befinden sich auf der Unterseite des Sensors. Wenn Sie das Herstellungsdatum Ihres Sensors benötigen, wenden Sie sich bitte mit der Seriennummer Ihres Sensors an Apogee Instruments.

TECHNISCHE

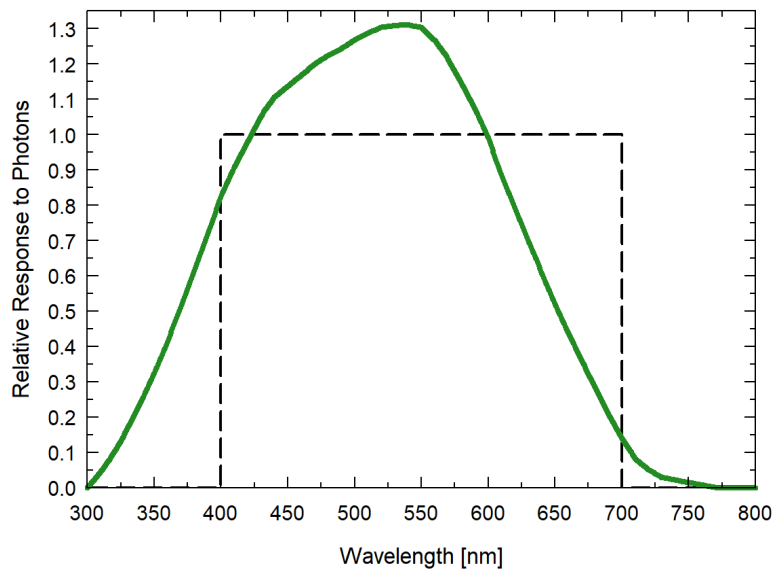
SQ-204X-SS

| | |
|---------------------------------|--|
| Stromversorgung | 7 bis 24 V DC mit einer maximalen Stromaufnahme von 22 mA (2 mA Ruhestromaufnahme) |
| Empfindlichkeit | 0,004 mA pro $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ |
| Kalibrierungsfaktor | 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ pro mA (Kehrwert der Empfindlichkeit) |
| Kalibrierunsicherheit | $\pm 5 \%$ (siehe Kalibrierrückführbarkeit unten) |
| Kalibrierter Ausgangsbereich | 4 bis 20 mA |
| Messwiederholbarkeit | Weniger als 0,5 % |
| Langzeitdrift (Instabilität) | Weniger als 2 % pro Jahr |
| Nichtlinearität | Weniger als 1 % (bis zu 4000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) |
| Reaktionszeit | Weniger als 1 ms |
| Sichtfeld | 180° |
| Spektralbereich | 370 bis 650 nm (Wellenlängen, bei denen die Empfindlichkeit mehr als 50 % des Maximums beträgt; siehe Spektrale Empfindlichkeit unten) |
| Richtungsabhängigkeit (Kosinus) | $\pm 5 \%$ bei einem Zenitwinkel von 75° (siehe Cosinus-Empfindlichkeit unten) |
| Temperaturreaktion | 0,06 \pm 0,06 % pro °C |
| Betriebsumgebung | -40 bis 70 °C; 0 bis 100 % relative Luftfeuchtigkeit; kann bis zu einer Tiefe von 30 m unter Wasser getaucht werden |
| Abmessungen | 30,5 mm Durchmesser, 37 mm Höhe |
| Gewicht (mit 5 m Kabel) | 140 g |
| Kabel | 5 m vieradriges, abgeschirmtes, verdrehtes Kabel; TPR-Mantel; Anschlussdrähte; Edelstahl (316), M8-Stecker |

Kalibrierbarkeit

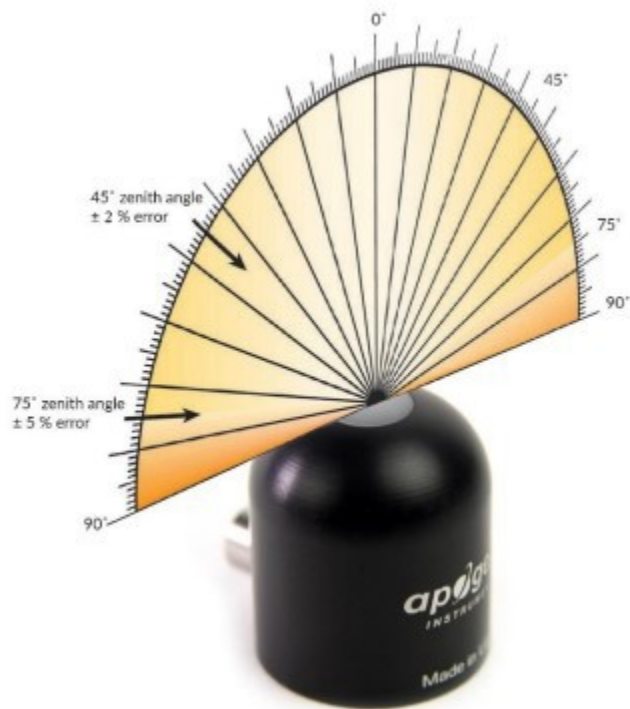
Die Quantensensoren der Apogee SQX-Serie werden durch direkten Vergleich mit dem Mittelwert von Transferstandard-Quantensensoren unter einer Referenzlampe kalibriert. Die Referenz-Quantensensoren werden mit einer 200-W-Quarzhalogenlampe neu kalibriert, die auf das National Institute of Standards and Technology (NIST) rückführbar ist.

Spektrale Empfindlichkeit

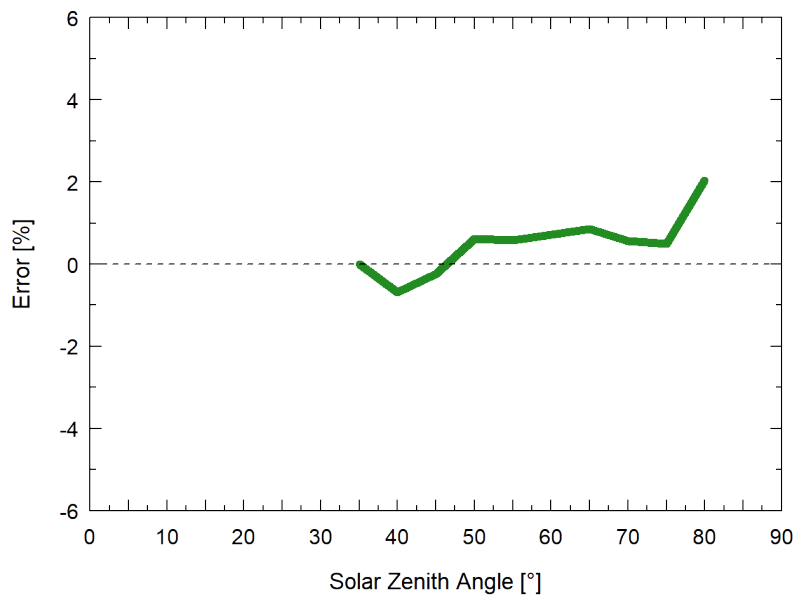


Mittlere spektrale Empfindlichkeit von vier Quantensensoren der Serie SQ-100x im Vergleich zur PPFD-Gewichtungsfunktion. Die Spektralempfindungsmessungen wurden in 10-nm-Schritten über einen Wellenlängenbereich von 350 bis 800 nm in einem Monochromator mit angeschlossener elektrischer Lichtquelle durchgeführt. Die gemessenen Spektraldaten jedes Quantensensors wurden durch die gemessene Spektralempfindungsfunktion der Kombination aus Monochromator und elektrischer Lichtquelle normalisiert, die mit einem Spektralradiometer gemessen wurde.

Kosinus-Reaktion



Die Richtungs- oder Kosinusantwort ist definiert als der Messfehler bei einem bestimmten Einstrahlungswinkel. Der Fehler für Quantensensoren der Serie Apogee SQ-100X beträgt ca. $\pm 2\%$ bei einem Sonnenzenitwinkel von 45° und $\pm 5\%$ bei einem Sonnenzenitwinkel von 75° .



Mittlere Kosinusantwort von fünf Quantensensoren der Serie SQ-100X. Die Kosinusantwortmessungen wurden durch direkten Vergleich nebeneinander mit dem Mittelwert von sieben Referenz-Quantensensoren der Serie SQ-500 durchgeführt.

EINSATZ UND INSTALLATION

Befestigen Sie den Sensor mit der mitgelieferten Nylon-Befestigungsschraube auf einer festen Oberfläche. Um die auf eine horizontale Fläche fallende PPFD genau zu messen, muss der Sensor waagrecht ausgerichtet sein. Zur Ausrichtung des Sensors auf einer ebenen Fläche oder bei der Befestigung auf Oberflächen wie Holz wird die Nivellierplatte AL-100 von Apogee Instruments empfohlen. Zur Befestigung an einem Mast oder Rohr wird die Solarhalterung AL-120 mit Nivellierplatte von Apogee Instruments empfohlen.



Wichtig: Verwenden Sie bei der Montage nur die mitgelieferte Nyllonschraube, um die nicht eloxierten Gewinde des Aluminiumsensorkopfes von der Basis zu isolieren und so galvanische Korrosion zu vermeiden. Bei längeren Untertauchanwendungen ist möglicherweise eine zusätzliche Isolierung erforderlich. Weitere Informationen erhalten Sie vom technischen Support von Apogee.



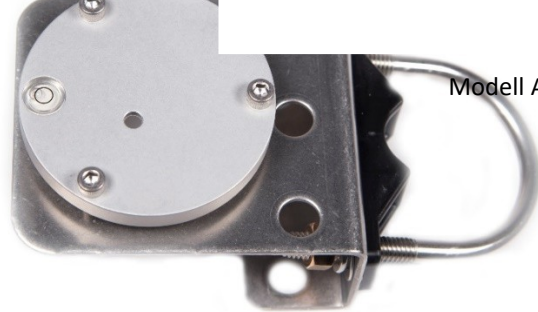
Nylonschraube: 10-32x3/8



Modell AL-100

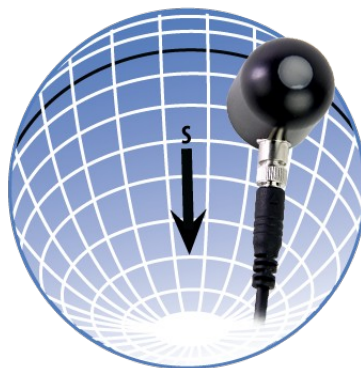


Nylonschraube: 10-32x3/8



Modell AL-120

Um Azimutfehler zu minimieren, sollte der Sensor so montiert werden, dass das Kabel in der nördlichen Hemisphäre nach Norden und in der südlichen Hemisphäre nach Süden zeigt. Azimutfehler betragen in der Regel weniger als 1 %, lassen sich jedoch durch eine korrekte Ausrichtung des Kabels leicht minimieren.



Zusätzlich zur Ausrichtung des Kabels zum nächsten Pol sollte der Sensor so montiert werden, dass keine Hindernisse (z. B. Wetterstation-Stativ/Turm oder andere Messgeräte) den Sensor beschatten. **Nach der Montage sollte die blaue Kappe vom Sensor entfernt werden.** Die blaue Kappe kann als Schutzabdeckung für den Sensor verwendet werden, wenn dieser nicht in Gebrauch ist.

KABELANSCHLÜSSE

Apogee-Sensoren bieten Kabelanschlüsse, um das Entfernen der Sensoren aus Wetterstationen zur Kalibrierung zu vereinfachen (das gesamte Kabel muss **nicht** aus der Station entfernt und mit dem Sensor versandt werden).

Die robusten M8-Steckverbinder entsprechen der Schutzart IP68, sind aus korrosionsbeständigem Edelstahl in Marinequalität gefertigt und für den längeren Einsatz unter rauen Umgebungsbedingungen ausgelegt.

Hinweise

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

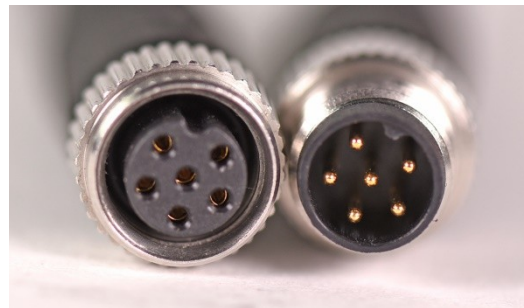
Wenn ein Ersatzkabel erforderlich ist, wenden Sie sich bitte direkt an Apogee, um sicherzustellen, dass Sie die richtige Pigtail-Konfiguration bestellen.

Ausrichtung: Beim Wiederanschießen eines Sensors sorgen Pfeile auf der Steckerhülse und eine Ausrichtungskerbe für die richtige Ausrichtung.

Längere Trennung: Wenn Sie den Sensor für längere Zeit von einer Station trennen, schützen Sie die verbleibende Hälfte des Steckers, die noch an der Station verbleibt, mit Isolierband oder auf andere Weise vor Wasser und Schmutz.



Die Kabelstecker werden direkt am Kopf befestigt.



Eine Referenznut im Stecker gewährleistet die richtige Ausrichtung vor dem Festziehen.



Wenn Sie Sensoren zur Kalibrierung einsenden, senden Sie nur den Sensorkopf ein.

Festziehen: Die Stecker sind nur für das Festziehen mit den Fingern ausgelegt. Im Stecker befindet sich ein O-Ring, der bei Verwendung eines Schraubenschlüssels übermäßig zusammengedrückt werden kann. Achten Sie auf die Ausrichtung des Gewindes, um ein Verkanten zu vermeiden. Nach dem vollständigen Festziehen können noch 1–2 Gewindegänge sichtbar sein.

WARNUNG: Ziehen Sie den Stecker **nicht** durch Drehen des schwarzen Kabels oder des Sensorkopfes fest, sondern drehen Sie nur den Metallstecker (blaue Pfeile).

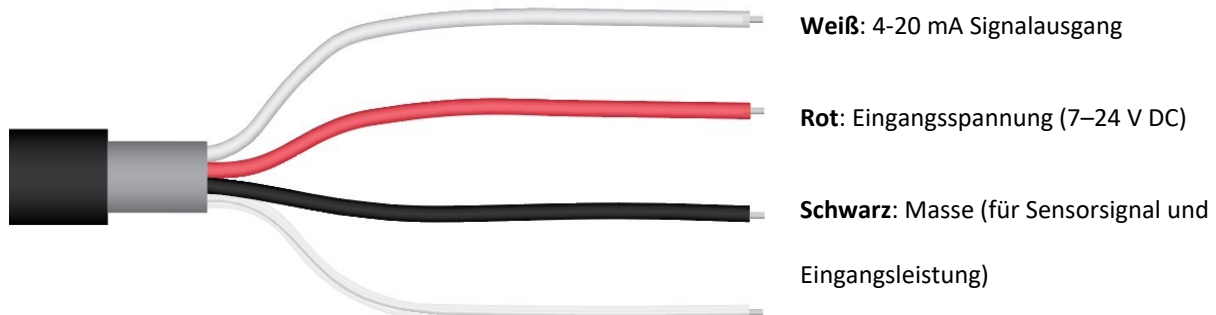


Fest mit den Fingern anziehen

BETRIEB UND MESSUNG

Schließen Sie den Sensor an ein Messgerät (Messgerät, Datenlogger, Regler) an, das ein 4-20 mA-Signal messen und anzeigen kann. Um die Messauflösung und das Signal-Rausch-Verhältnis zu maximieren, sollte der Eingangsbereich des Messgeräts möglichst genau dem Ausgangsbereich des Quantensensors entsprechen. **Schließen Sie den Sensor NICHT an eine Stromquelle mit mehr als 24 V DC an.**

Verdrahtung für SQ-204X



Sensorkalibrierung

Die Modelle Apogee SQ-204X haben einen Standard-PPFD-Kalibrierungsfaktor von genau:

250,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ pro mA mit einem Offset von 4 mA

Multiplizieren Sie diesen Kalibrierungsfaktor mit der Differenz zwischen dem gemessenen mA-Signal und dem 4,0 mA-Offset, um den Sensorausgang in PPFD in Einheiten von $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ umzurechnen:

Kalibrierungsfaktor (250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ pro mA) * [Sensorausgangssignal (mA) – Offset (4,0 mA)] = PPFD ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

$$250 \quad * \quad (12,0 - 4) \quad = \quad 2000$$



Beispiel für eine PPFD-Messung mit einem Apogee-Quantensensor. Bei voller Sonneneinstrahlung ergibt sich eine PPFD auf einer horizontalen Ebene an der Erdoberfläche von ca. 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Dies ergibt ein Ausgangssignal von 12,0 mA. Das Signal wird in PPFD umgewandelt, indem der Offset von 4,0 mA subtrahiert und dann mit dem Kalibrierungsfaktor von 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ pro mA multipliziert wird.

Spektrale Fehler

Die Sensoren der Apogee SQ-100X-Serie können PPFD für Sonnenlicht und elektrisches Licht mit einem einzigen Kalibrierungsfaktor messen. Allerdings treten aufgrund von Änderungen der spektralen Leistung bei verschiedenen Lichtquellen Fehler auf. Wenn das Spektrum der Lichtquelle bekannt ist, können Fehler geschätzt und zur Anpassung der Messungen verwendet werden. Die Gewichtungsfunktion für PPFD ist in der folgenden Grafik zusammen mit der spektralen Empfindlichkeit der Quantensensoren der Apogee SQ-100X-Serie dargestellt. Je besser die spektrale Empfindlichkeit mit den definierten spektralen Gewichtungsfunktionen für PPFD übereinstimmt, desto geringer sind die Spektralfehler. Die folgende Tabelle enthält Schätzungen der Spektralfehler für PPFD-Messungen von anderen Lichtquellen als der Kalibrierungsquelle. Zur Bestimmung der Spektralfehler wurde die Methode von Federer und Tanner (1966) verwendet, die auf den PPFD-Spektralgewichtungsfunktionen, der gemessenen Spektralempfindlichkeit des Sensors und den Spektralleistungen der Strahlungsquelle (gemessen mit einem Spektralradiometer) basiert. Diese Methode berechnet den Spektralfehler und berücksichtigt keine Kalibrierungs-, Kosinus- und Temperaturfehler.

Federer, C. A. und C. B. Tanner, 1966. Sensoren zur Messung des für die Photosynthese verfügbaren Lichts. *Ecology* 47:654-657.

McCree, K. J., 1972. Das Aktionsspektrum, die Absorption und die Quantenausbeute der Photosynthese in Nutzpflanzen. *Agricultural Meteorology* 9:191-216.

Spektrale Fehler bei PPF- und YPF-Messungen mit Quantensensoren der Serie Apogee SQ-100X

| Strahlungsquelle (Fehler berechnet relativ zur Sonne, klarer Himmel) | PPFD-Fehler [%] |
|--|-----------------|
| Sonne (klarer Himmel) | 0,0 |
| Sonne (bewölkter Himmel) | 0 |
| Reflexion vom Grasdach | 5 |
| Reflexion vom Laubdach | 7 |
| Reflexion vom Nadelbaumdach | 7 |
| Durch Grasdach hindurchgelassen | 8 |
| Durchlässigkeit unter Laubdach | 8,4 |
| Unter dem Nadelbaumdach übertragen | 10,1 |
| Kaltweiß fluoreszierend (T5) | 7,2 |
| Kaltweiß fluoreszierend (T12) | 8 |
| Metallhalogenid | 6 |
| Keramik-Metallhalogenid | -0 |
| Hochdruck-Natriumdampf | 3,2 |
| Blaue LED (448 nm Peak, 20 nm Halbwertsbreite) | 14 |
| Grüne LED (524 nm Peak, 30 nm Halbwertsbreite) | 29,6 |
| Rote LED (635 nm Peak, 20 nm Halbwertsbreite) | - |
| Mischung aus roter und blauer LED (80 % rot, 20 % blau) | - |
| Mischung aus roter, grüner und blauer LED (70 % rot, 15 % grün, 15 % blau) | - |
| Kaltweiße fluoreszierende LED | |
| Neutralweiße fluoreszierende LED | 1 |
| Warmweiße fluoreszierende LED | -7,8 |

Quantensensoren können ein sehr praktisches Mittel zur Messung von PPF und YPF aus mehreren Strahlungsquellen sein, jedoch müssen Spektralfehler berücksichtigt werden. Die Spektralfehler in der obigen Tabelle können als Korrekturfaktoren für einzelne Strahlungsquellen verwendet werden.

Unterwassermessungen und Immersions-Effekt

Wenn ein in Luft kalibrierter Quantensensor für Unterwassermessungen verwendet wird, liefert er zu niedrige Messwerte. Dieses Phänomen wird als Immersions-Effekt bezeichnet und tritt auf, weil der Brechungsindex von Wasser (1,33) größer ist als der von Luft (1,00). Der höhere Brechungsindex von Wasser bewirkt, dass mehr Licht aus dem Sensor im Wasser zurückgestreut (oder reflektiert) wird als in der Luft (Smith, 1969; Tyler und Smith, 1970). Je mehr Licht reflektiert wird, desto weniger Licht gelangt durch den Diffusor zum Detektor, wodurch der Sensor einen niedrigen Wert anzeigt. Ohne Korrektur dieses Effekts sind Unterwassermessungen nur relativ, was den Vergleich von Licht in verschiedenen Umgebungen erschwert.

Die Sensoren der Serie SQ-100X haben einen Immersionseffekt-Korrekturfaktor von 1,15. Dieser Korrekturfaktor sollte mit den unter Wasser gemessenen Werten multipliziert werden.

Weitere Informationen zu Unterwassermessungen und dem Immersionseffekt finden Sie unter <http://www.apogeeinstruments.com/underwater-par-measurements/>.

WARTUNG UND NEUKALIBRIERUNG

Eine Blockierung des optischen Weges zwischen dem Messobjekt und dem Detektor kann zu niedrigen Messwerten führen. Gelegentlich können Ablagerungen auf dem Diffusor des nach oben gerichteten Sensors den optischen Weg auf drei Arten blockieren:

1. Feuchtigkeit oder Schmutz auf dem Diffusor.
2. Staub während niedriger Niederschlagsperioden.
3. Salzablagerungen durch Verdunstung von Meeressgisch oder Sprinklerwasser.

Die nach oben gerichteten Sensoren von Apogee Instruments verfügen über einen gewölbten Diffusor und ein Gehäuse für eine verbesserte Selbstreinigung durch Regen, dennoch kann eine aktive Reinigung erforderlich sein. 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 Tuch oder Wattestäbchen entfernt werden. **Salzablagerungen können nicht mit Lösungsmitteln wie Alkohol oder Aceton entfernt werden.** Üben Sie beim Reinigen des Diffusors mit einem Wattestäbchen oder einem weichen Tuch nur leichten Druck aus, um Kratzer auf der Außenfläche zu vermeiden. Die Reinigung sollte durch das Lösungsmittel erfolgen, nicht durch mechanische Krafteinwirkung. **Verwenden Sie niemals scheuernde Materialien oder Reinigungsmittel auf dem Diffusor.**

Obwohl Apogee-Sensoren sehr stabil sind, ist eine nominale Genauigkeitsabweichung bei allen Sensoren in Forschungsqualität normal. Um maximale Genauigkeit zu gewährleisten, empfehlen wir generell, die Sensoren alle zwei Jahre zur Neukalibrierung einzusenden, obwohl Sie je nach Ihren individuellen Toleranzen oft auch länger warten können.

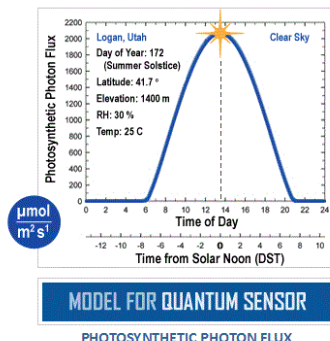
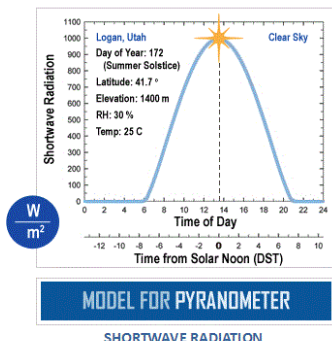
Um festzustellen, ob Ihr Sensor neu kalibriert werden muss, können Sie die Website Clear Sky Calculator (www.clearskycalculator.com) und/oder die Smartphone-App verwenden, um die gesamte kurzwellige Strahlung an einer horizontalen Fläche zu jeder Tageszeit und an jedem Ort der Welt anzuzeigen. Die höchste Genauigkeit wird in den Frühlings- und Sommermonaten um die Mittagszeit erreicht, wobei die Genauigkeit über mehrere klare und unverschmutzte Tage hinweg in allen Klimazonen und an allen Standorten weltweit auf $\pm 4\%$ geschätzt wird. Für eine optimale Genauigkeit muss der Himmel vollständig klar sein, da reflektierte Strahlung von Wolken dazu führt, dass die einfallende Strahlung über den vom Clear Sky Calculator vorhergesagten Wert steigt. Die gemessenen Werte der gesamten kurzwelligen Strahlung können aufgrund der Reflexion von dünnen, hohen Wolken und Wolkenrändern, die die einfallende kurzwellige Strahlung verstärken, die vom Clear Sky Calculator vorhergesagten Werte überschreiten. Der Einfluss hoher Wolken zeigt sich in der Regel als Spitzenwerte über den Werten für klaren Himmel und nicht als konstanter Versatz über den Werten für klaren Himmel.

Um die Notwendigkeit einer Neukalibrierung zu ermitteln, geben Sie die Standortbedingungen in den Rechner ein und vergleichen Sie die Messungen der gesamten kurzwelligen Strahlung mit den berechneten Werten für einen klaren Himmel. Wenn die Messungen der kurzwelligen Strahlung des Sensors über mehrere Tage hinweg in der Nähe des Sonnenhöchststands durchweg 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 abweichen, 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 stehen zwei Rechner zur Verfügung: einer für Quantensensoren (PPFD) und einer für Pyranometer (Gesamte Kurzstrahlung).



FOR QUANTUM SENSORS

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 = µmol m⁻² s⁻¹
 Measured PPF = µmol m⁻² 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](#).

Please include all requested information.

+ 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 Quantensensoren. Die Standortdaten werden in die blauen Felder in der Mitte der Seite eingegeben und eine Schätzung der PPFD wird auf der rechten Seite der Seite angezeigt.

FEHLERBEHEBUNG UND KUNDENSUPPORT

Unabhängige Überprüfung der Funktionalität

Die Quantensensoren des Modells SQ-204X von Apogee liefern einen 4-20-mA-Ausgang, der proportional zur einfallenden PPFd ist. Mit einer Gleichstromversorgung und einem Amperemeter lässt sich die Funktion des Sensors schnell und einfach überprüfen. Versorgen Sie den Sensor mit Gleichspannung, indem Sie das positive Spannungssignal an den roten Draht des Sensors und das negative (oder gemeinsame) Signal an den schwarzen Draht des Sensors anschließen. Messen Sie mit dem Amperemeter zwischen dem weißen Draht (Signalausgang) und dem schwarzen Draht (Signal Erdung). Richten Sie den Sensorkopf 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 mit zunehmendem Abstand und zunehmendes Signal mit abnehmendem Abstand). Wenn Sie die gesamte Strahlung vom Sensor blockieren, sollte das Sensorsignal auf 4 mA fallen.

Kompatible Messgeräte (Datenlogger/Controller/Messgeräte)

SQ-214X-Quantensensoren sind mit einem Standardkalibrierungsfaktor von $250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ pro mA kalibriert, was einer Empfindlichkeit von $0,004 \text{ mA pro } \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ entspricht. Daher sollte ein kompatibles Messgerät (z. B. Datenlogger oder Controller) eine Auflösung von mindestens $0,004 \text{ mA}$ haben, um eine PPFd-Auflösung von $1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ zu gewährleisten.

Die 4-20-mA-Schaltung ermöglicht es, mit dem Ausgang eine ohmsche Last (R_L) bei 20 mA (0,02 A) auf einen Wert innerhalb von 2 Volt der Versorgungsspannung zum Sensor (V_S) zu treiben. Die Gleichung zur Berechnung der ohmschen Last lautet $R(L) = [V(S) - 2 \text{ V}] / 0,02 \text{ A}$. Beispielsweise kann ein Sensor mit einer Versorgungsspannung von 12 V DC eine maximale Last von 500Ω ($R(L) = [12 \text{ V} - 2 \text{ V}] / 0,02 \text{ A} = 500 \Omega$) ansteuern. Die Ausgangsspannung des Sensors wird berechnet, indem der Drahtwiderstand zum Eingangswiderstand des Datenerfassungssystems addiert und dann mit 0,02 A multipliziert wird.

Auswirkung der Kabellänge

Das Kürzen oder Spleißen von zusätzlichen Kabeln vor Ort ist für den Stromausgang des SQ-204X in der Regel kein Problem. Das Hinzufügen von Kabeln führt jedoch zu einer höheren ohmschen Last, die bei der Bestimmung der maximalen ohmschen Last, die der Sensor ansteuern kann, berücksichtigt werden sollte (siehe Abschnitt „Kompatible Messgeräte“ oben). Die Quantensensoren der SQ-Serie von Apogee verwenden abgeschirmte, verdrehte Kabel, die elektromagnetische Störungen minimieren. Dies ist besonders wichtig bei langen Leitungslängen in elektromagnetisch gestörten Umgebungen.

Ändern der Kabellänge

Weitere Informationen zum Verlängern des Sensorkabels finden Sie auf der Apogee-Website: (<http://www.apogeeinstruments.com/how-to-make-a-weatherproof-cable-splice/>).

Einheitentabellen

Die Quantensensoren der Apogee SQX-Serie sind kalibriert, um die PPFd in Einheiten von $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ zu messen. Für bestimmte Anwendungen können andere Einheiten als die Photonenflussdichte (z. B. Energieflussdichte, Beleuchtungsstärke) erforderlich sein. Es ist möglich, den PPFd-Wert eines Quantensensors in andere Einheiten umzurechnen, jedoch ist hierfür die Spektralleistung der betreffenden Strahlungsquelle erforderlich. Umrechnungsfaktoren für gängige Strahlungsquellen finden Sie auf der Seite „Einheitenumrechnungen“ im Support Center auf der Apogee-Website (<http://www.apogeeinstruments.com/unit-conversions/>). Eine Tabelle zur

Umrechnung von PPFd in Energiedichte oder Beleuchtungsstärke finden Sie ebenfalls auf der Seite „Einheitenumrechnung“ im Support Center auf der Apogee-Website (<http://www.apogeeinstruments.com/content/PPFD-to-Illuminance-Calculator.xls>).

Was Apogee leistet

Apogee wird kostenlos:

1. den Artikel im Rahmen der Garantie entweder reparieren oder ersetzen (nach unserem Ermessen).
2. den Artikel mit einem Transportunternehmen unserer Wahl an den Kunden zurücksenden.

Andere oder beschleunigte Versandarten 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.

PRODUKTE AUßERHALB DER GARANTIEZEIT

Bei Problemen mit Sensoren außerhalb der Garantiezeit wenden Sie sich bitte an Apogee unter support@upgmbh.com, um Reparatur- oder Ersatzmöglichkeiten zu besprechen.

SONSTIGE BEDINGUNGEN

Die verfügbaren Rechtsbehelfe bei Mängeln im Rahmen dieser Garantie bestehen in der Reparatur oder dem Ersatz des Originalprodukts. Apogee Instruments haftet nicht für direkte, indirekte, zufällige oder Folgeschäden, einschließlich, aber nicht beschränkt auf Einkommensverluste, Umsatzverluste, Gewinnausfälle, Datenverluste, Lohnausfälle, Zeitverluste, Verkaufsverluste, Schulden oder Aufwendungen, Schäden an persönlichem Eigentum oder Verletzungen von Personen oder sonstige Schäden oder Verluste.

Diese beschränkte Garantie und alle Streitigkeiten, die sich aus oder im Zusammenhang mit dieser beschränkten Garantie ergeben („Streitigkeiten“), unterliegen den Gesetzen des US-Bundesstaates Utah, unter Ausschluss der Grundsätze des Kollisionsrechts und unter Ausschluss des Übereinkommens über den internationalen Warenkauf. Die Gerichte im US-Bundesstaat Utah sind ausschließlich zuständig für alle Streitigkeiten.

Diese beschränkte Garantie gewährt Ihnen bestimmte gesetzliche Rechte. Möglicherweise stehen Ihnen weitere Rechte zu, die von Bundesstaat zu Bundesstaat und von Gerichtsbarkeit zu Gerichtsbarkeit variieren und von dieser beschränkten Garantie nicht berührt werden. Diese Garantie gilt nur für Sie und ist nicht übertragbar oder abtretbar. Sollte eine Bestimmung dieser beschränkten Garantie rechtswidrig, ungültig oder nicht durchsetzbar sein, so gilt diese Bestimmung als abtrennbar und hat keinen Einfluss auf die übrigen Bestimmungen. Im Falle von Widersprüchen zwischen der englischen und anderen Versionen dieser beschränkten Garantie ist die englische Version maßgebend.

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

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.