



**apogee**<sup>®</sup>  
INSTRUMENTS

**BENUTZERHANDBUCH**

# QUANTENSENSOR

Modelle der Serie SQ-100X

Rev: 30-Aug-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.

Übersetzung: UP Umweltanalytische Produkte GmbH – [www.upgmbh.com](http://www.upgmbh.com) – [vertrieb@upgmbh.com](mailto: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
Wartung und Rekalibrierung.....	16
Fehlersuche und Kundenbetreuung.....	18
Rückgabe- und Gewährleistungsbestimmungen.....	19

# 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: SQ-100X  
Typ: Quantensensor

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, August 2022

Bruce Bugbee  
Präsident  
Apogee Instruments, 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: SQ-100X - Typ: Quantensensor

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 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, August 2022

A handwritten signature in green ink, appearing to read 'Bruce Bugbee'.

Bruce Bugbee, Präsident  
Apogee Instruments, Inc.

---

## EINFÜHRUNG

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

Das Akronym PPF ist ebenfalls weit verbreitet und bezieht sich auf den photosynthetischen Photonenfluss. Die Akronyme PPF und PPFD beziehen sich auf die gleiche Variable. Die beiden Begriffe haben sich gemeinsam entwickelt, da es keine allgemeingültige Definition für den Begriff "Fluss" gibt. Einige Physiker definieren den Fluss als Fluss pro Flächeneinheit pro Zeiteinheit. Andere definieren den Fluss nur als Fluss pro Zeiteinheit. Wir haben in diesem Handbuch PPFD verwendet, weil wir der Meinung sind, dass es besser ist, vollständiger zu sein und möglicherweise redundant.

Sensoren, die die PPFD messen, werden häufig als Quantensensoren bezeichnet, da die Strahlung quantisiert ist. Ein Quantum bezieht sich auf die minimale Strahlungsmenge, ein Photon, die an physikalischen Wechselwirkungen beteiligt ist (z. B. Absorption durch photosynthetische Pigmente). Mit anderen Worten: Ein Photon ist ein einzelnes Strahlungsquant.

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 vom Blätterdach durchgelassenen PPFD in denselben Umgebungen .

Die Quantensensoren der Serie SQ-100X von Apogee Instruments bestehen aus einem gegossenen Acryl-Diffusor (Filter), 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 und haben keinen internen Luftraum. Sie sind für die kontinuierliche PPFD-Messung in Innen- und Außenbereichen ausgelegt. Die Sensoren der Serie SQ-100X 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 (muss nicht horizontal sein) auftrifft, wobei die Strahlung von allen Winkeln einer Halbkugel ausgeht.

## SENSOR-MODELLE

Dieses Handbuch behandelt das unverstärkte Modell SQ-100X. Weitere Modelle werden in ihren jeweiligen Handbüchern behandelt.

Modell	Signal
<b>SQ-100X</b>	<b>Eigenstromversorgung</b>
SQ-202X	0-2.5 V
SQ-204X	4-20 mA
SQ-205X	0-5 V
SQ-420X	USB
SQ-421X	SDI-12
SQ-422X	Modbus



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.

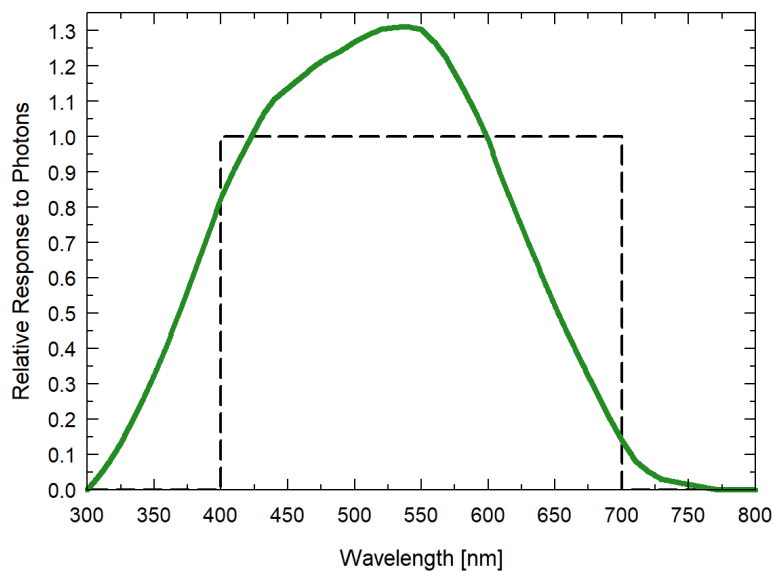
## SPEZIFIKATIONEN

<b>SQ-100X-SS</b>	
Stromversorgung	Eigenstromversorgung
Empfindlichkeit	0,1 mV pro $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
Kalibrierungsfaktor (Reziprokwert der Empfindlichkeit)	10 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ pro mV
Kalibrierungsunsicherheit	$\pm 5 \%$ (siehe Rückführbarkeit der Kalibrierung unten)
Kalibrierter Ausgangsbereich	0 bis 250 mV
Wiederholbarkeit der Messung	Weniger als 0,5 %
Langfristige Drift (Nicht-Stabilität)	Weniger als 2 % pro Jahr
Nichtlinearität	Weniger als 1 % (bis zu $2500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
Reaktionszeit	Weniger als 1 ms
Sichtfeld	180°
Spektralbereich	370 bis 650 nm (Wellenlängen, bei denen die Reaktion mehr als 50 % des Maximums beträgt; siehe Spektralreaktion unten)
Direktionale (Cosinus) Antwort	$\pm 5 \%$ bei 75° Zenitwinkel (siehe Cosinus-Antwort unten)
Reaktion auf die Temperatur	- 0,04 % pro C
Betriebsumgebung	-10 bis 60 C; 0 bis 100 % relative Luftfeuchtigkeit; kann bis zu einer Tiefe von 30 m in Wasser getaucht werden
Abmessungen	24 mm Durchmesser, 33 mm Höhe
Masse	90 g (mit 5 m Anschlusskabel)
Kabel	5 m zweiadriges, abgeschirmtes, verdrilltes 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 Quantensensoren der SQ-Serie von Apogee werden durch einen Seite-an-Seite-Vergleich mit dem Mittelwert von Transferstandard-Quantensensoren unter einer Referenzlampe kalibriert. Die Referenz-Quantensensoren werden mit einer 200-W-Quarz-Halogenlampe, die auf das National Institute of Standards and Technology (NIST) rückführbar ist, rekaliert.

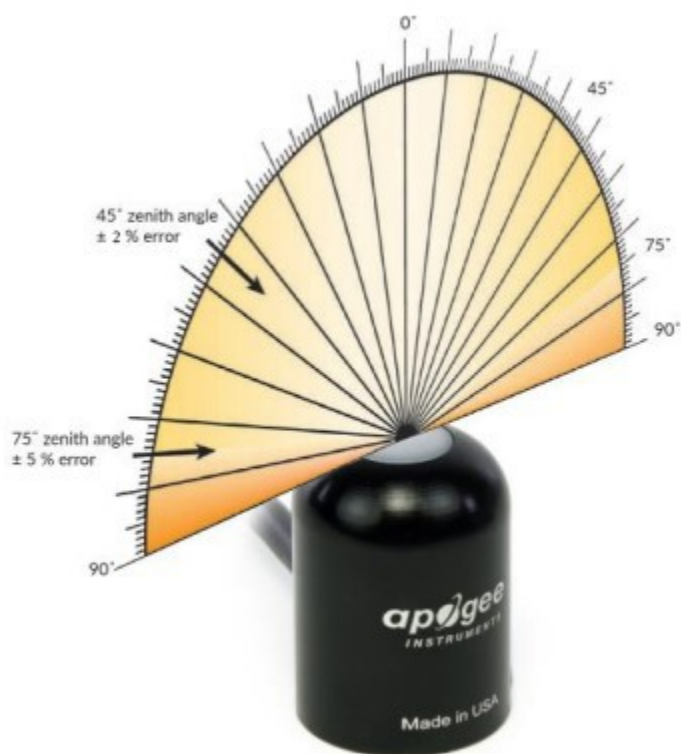
### Spektrale Empfindlichkeit



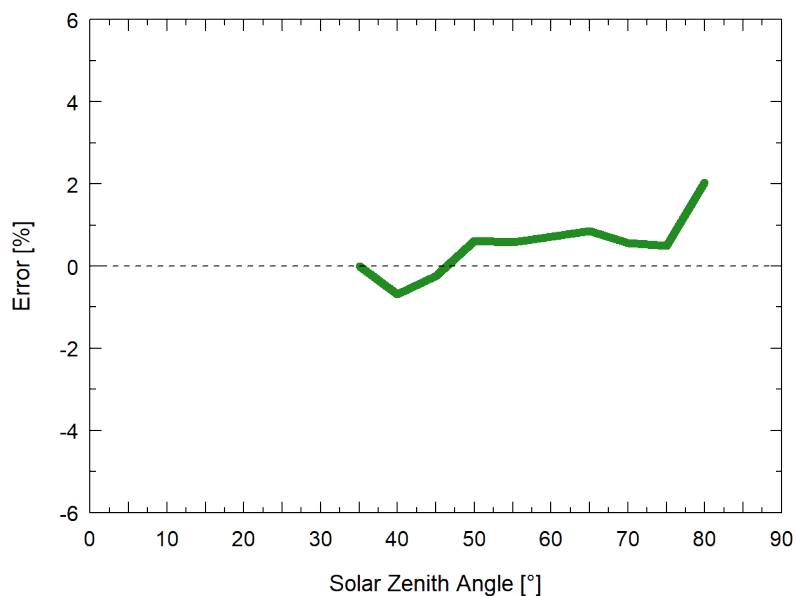
Mittlere spektrale Empfindlichkeit von vier Quantensensoren der Serie SQ-100x im Vergleich zur PPFD-Gewichtungsfunktion. Die Messungen der spektralen Empfindlichkeit wurden in 10-nm-Schritten über einen Wellenlängenbereich von 350 bis 800 nm in einem Monochromator mit angeschlossener elektrischer Lichtquelle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



## Cosinus-Antwort



Die Richtungsabhängigkeit oder Cosinus-Antwort ist definiert als der Messfehler bei einem bestimmten Strahlungseinfallswinkel. Der Fehler der Quantensensoren der Serie SQ-100X von Apogee beträgt etwa  $\pm 2\%$  und  $\pm 5\%$  bei einem Zenitwinkel von  $45^\circ$  bzw.  $75^\circ$ .

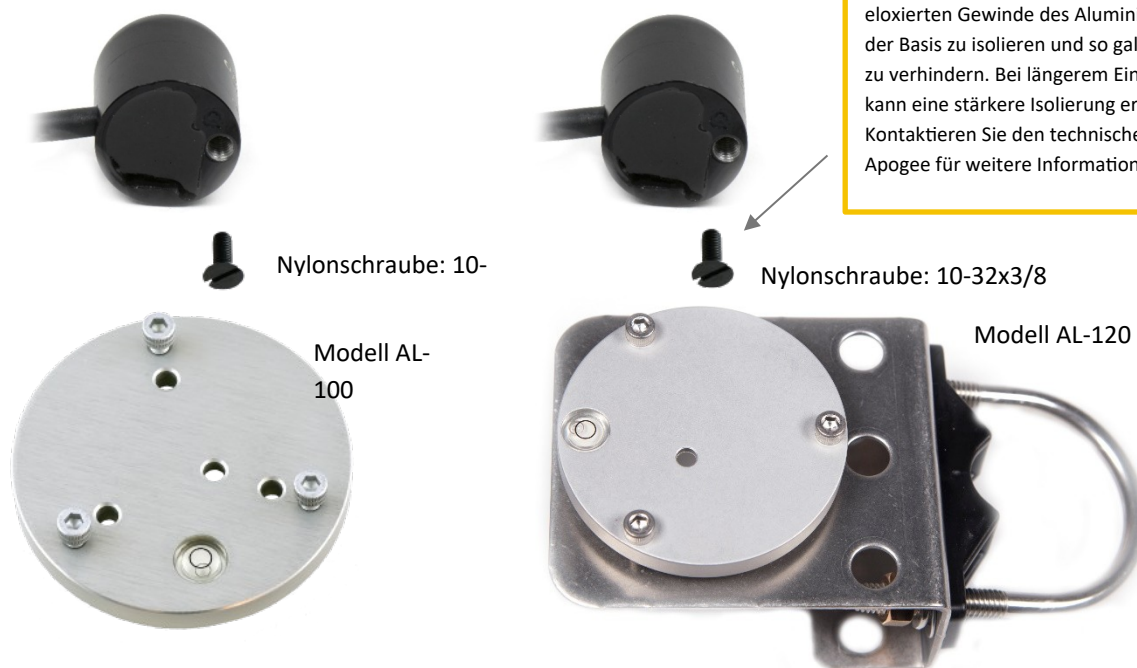


Mittleres Kosinusverhalten von fünf Quantensensoren der Serie SQ-100X. Die Messungen der Kosinus-Antwort wurden durch direkten Vergleich mit dem Mittelwert von sieben Referenz-Quantensensoren der Serie SQ-500 durchgeführt.

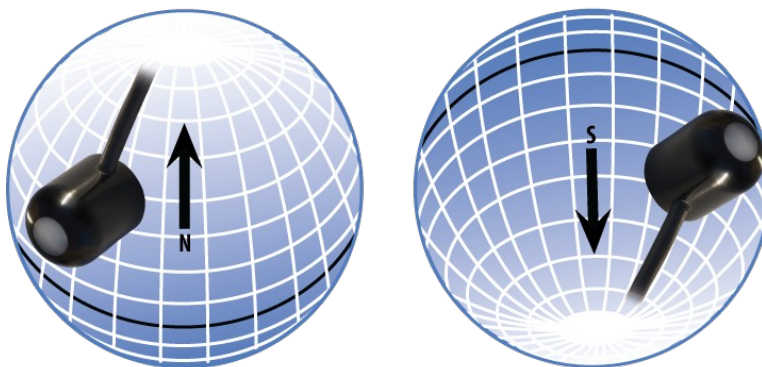
## EINSATZ UND INSTALLATION

Befestigen Sie den Sensor mit der mitgelieferten Nylonschraube an einer festen Oberfläche, um galvanische Korrosion zu verhindern. 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.

**Wichtig!** Verwenden Sie bei der Montage nur die mitgelieferte Nylonschraube, um die nicht eloxierten Gewinde des Aluminiumsensorkopfs von der Basis zu isolieren und so galvanische Korrosion zu verhindern. Bei längerem Eintauchen in Wasser kann eine stärkere Isolierung erforderlich sein. Kontaktieren Sie den technischen Support von Apogee für weitere Informationen.



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 blaue Kappe vom Sensor entfernt werden.** Die blaue Kappe kann als Schutzabdeckung für den Sensor verwendet werden, wenn er nicht in Gebrauch ist.

## KABELSTECKVERBINDER

Apogee-Sensoren bieten Kabelanschlüsse, um den Ausbau von Sensoren aus 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.



Inline-Kabelanschlüsse werden 25 cm vom Kopf entfernt installiert

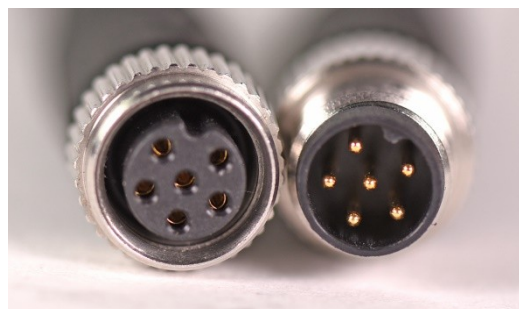
### Anweisungen

**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.

Wenn Sie ein Ersatzkabel benötigen, wenden Sie sich bitte direkt an Apogee, um die richtige Pigtail-Konfiguration zu bestellen.

**Ausrichten:** Beim Wiederanschießen eines Sensors sorgen Pfeile auf dem Steckergehäuse 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.



Eine Referenzkerbe im Inneren des Verbinders gewährleistet die 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.

**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 Gewindegänge sichtbar sein.

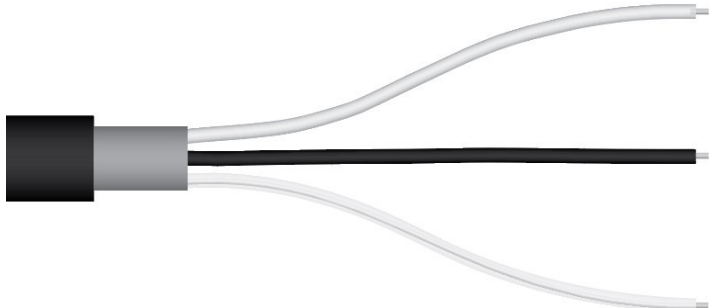


Fest mit den Fingern anziehen

## BETRIEB UND MESSUNG

Schließen Sie den Sensor an ein Messgerät (Messgerät, Datenlogger, Steuergerät) an, das in der Lage ist, ein Millivolt-Signal zu messen und anzuzeigen oder aufzuzeichnen (ein Eingangsmessbereich von etwa 0-250 mV ist erforderlich, um den gesamten Bereich der PPFd der Sonne abzudecken). Um die Messauflösung und das Signal-Rausch-Verhältnis zu maximieren, sollte der Eingangsbereich des Messgeräts eng mit dem Ausgangsbereich des Quantensensors übereinstimmen. **Schließen Sie den Sensor NICHT an eine Stromquelle an. Der Sensor ist selbstversorgend und das Anlegen von Spannung beschädigt den Sensor.**

### Verkabelung



**Weiß:** Positiv (Signal vom Sensor)

**Schwarz:** Negativ (Signal vom  
Sensor)

**Klar:** Schirm/Erde

### Sensor-Kalibrierung

Alle unverstärkten Quantensensormodelle von Apogee (SQ-100X) haben einen Standard-PPFD-Kalibrierungsfaktor von genau:

$$10,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{ pro mV}$$

Multiplizieren Sie diesen Kalibrierungsfaktor mit dem gemessenen mV-Signal, um den Sensorausgang in PPFD in Einheiten von  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  umzurechnen:

$$\text{Kalibrierungsfaktor (} 10,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{ pro mV)} * \text{Sensorausgangssignal (mV)} = \text{PPFD (} \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}\text{)}$$

$$10.0 * 200 = 2000$$



**Sensor-Ausgang**  
**200 mV**

Beispiel einer PPFD-Messung mit einem Apogee-Quantensensor. Bei voller Sonneneinstrahlung ergibt sich eine PPFD auf einer horizontalen Ebene an der Erdoberfläche von etwa  $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Dies ergibt ein Ausgangssignal von 200 mV. Das Signal wird in PPFD umgerechnet, indem es mit dem Kalibrierungsfaktor von  $10,00 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{ pro mV}$  multipliziert wird.

### Spektrale Fehler

Die Sensoren der Serie SQ-100X von Apogee können die PPFD für Sonnenlicht und elektrisches Licht mit einem einzigen Kalibrierungsfaktor messen. Allerdings treten bei verschiedenen Lichtquellen aufgrund von Änderungen der Spektralleistung Fehler auf. Wenn das Spektrum der Lichtquelle bekannt ist, können die Fehler geschätzt und zur Anpassung der Messungen verwendet werden. Die Gewichtungsfunktion für PPFD ist in der nachstehenden Grafik zusammen mit der spektralen Reaktion der Quantensensoren der Serie SQ-100X von Apogee dargestellt. Je besser die spektrale Antwort mit den definierten PPFD-Spektralgewichtungsfunktionen übereinstimmt, desto geringer sind die spektralen Fehler. Die nachstehende Tabelle enthält spektrale Fehlerschätzungen für PPFD-Messungen mit anderen Lichtquellen als der Kalibrierungsquelle. Die Methode von Federer und Tanner (1966) wurde zur Bestimmung der spektralen Fehler auf der Grundlage der spektralen PPFD-Gewichtungsfunktionen, der gemessenen spektralen Sensorreaktion und der spektralen Leistung der Strahlungsquelle (gemessen mit einem Spektroradiometer) verwendet. Diese Methode berechnet den spektralen Fehler und lässt Kalibrierungs-, Kosinus- und Temperaturfehler unberücksichtigt.

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

McCree, K. J., 1972. Das Wirkungsspektrum, die Absorption und die Quantenausbeute der Photosynthese bei Nutzpflanzen. *Landwirtschaftliche Meteorologie* 9:191-216.

### Spektrale Fehler bei PPF-Messungen mit Quantensensoren der Serie SQ-100X von Apogee

Strahlungsquelle (Fehler berechnet in Bezug auf die Sonne, klarer Himmel)	PPFD Fehler [%]
Sonne (klarer Himmel)	0.0
Sonne (bewölkter Himmel)	0.2
Reflektiert vom Grasdach	5.0
Reflektiert von Laubdächern	7.0
Reflektiert von Nadelbaumkronen	7.3
Übertragen unter Grasdach	8.3
Übertragen unter Laubbaumkronen	8.4
Übertragen unter Nadelbaumkronen	10.1
Kaltweiße Leuchtstoffröhren (T5)	7.2
Kaltweiße Leuchtstoffröhren (T12)	8.3
Metallhalogenid	6.9
Keramische Halogen-Metaldampflampen	-0.9
Natrium-Hochdruck	3.2
Blaue LED (448 nm Spitze, 20 nm Halbwertsbreite)	14.5
Grüne LED (524 nm Spitze, 30 nm Halbwertsbreite)	29.6
Rote LED (635 nm Spitze, 20 nm Halbwertsbreite)	-30.9
Rote, blaue LED-Mischung (80 % Rot, 20 % Blau)	-21.2
Rote, grüne, blaue LED-Mischung (70 % Rot, 15 % Grün, 15 % Blau)	-16.4
LED-Leuchtstoffröhre, kaltweiß	7.3
Neutralweiße LED-Leuchtstoffröhre	1.1
Warmweiße LED-Leuchtstoffröhre	-7.8

Quantensensoren können ein sehr praktisches Mittel zur Messung der PPF von mehreren Strahlungsquellen sein, doch müssen spektrale Fehler berücksichtigt werden. Die spektralen Fehler in der obigen Tabelle können als Korrekturfaktoren für einzelne Strahlungsquellen verwendet werden .

### Unterwassermessungen und Immersionseffekt

Wenn ein Quantensensor, der in Luft kalibriert wurde, für Unterwassermessungen verwendet wird, zeigt der Sensor einen niedrigen Wert an. Dieses Phänomen wird als Immersionseffekt bezeichnet und entsteht, weil der Brechungsindex von Wasser (1,33) größer ist als der von Luft (1,00). Der höhere Brechungsindex von Wasser bewirkt, dass mehr Licht vom Sensor im Wasser zurückgestreut (oder reflektiert) wird als in Luft (Smith, 1969; Tyler und Smith, 1970). Da mehr Licht reflektiert wird, wird weniger Licht durch den Diffusor zum Detektor geleitet, wodurch der Sensor zu niedrige Werte 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 Korrekturfaktor für den Immersionseffekt von 1,15. Dieser Korrekturfaktor sollte bei Messungen unter Wasser multipliziert werden.

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

---

## WARTUNG 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](http://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.

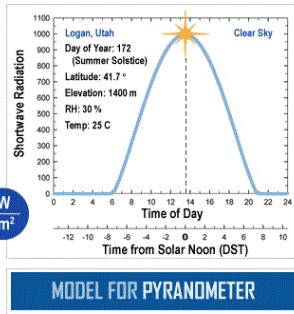
Um festzustellen, ob eine Neukalibrierung erforderlich ist, geben Sie die Standortbedingungen in den Rechner ein und vergleichen Sie die Messungen der gesamten kurzweiligen Strahlung mit den berechneten Werten für einen klaren Himmel. Wenn die Messungen der kurzweiligen Strahlung des Sensors an mehreren 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](mailto:calibration@apogeeinstruments.com), um die Testergebnisse und eine mögliche Rücksendung des Sensors/der Sensoren zu besprechen.





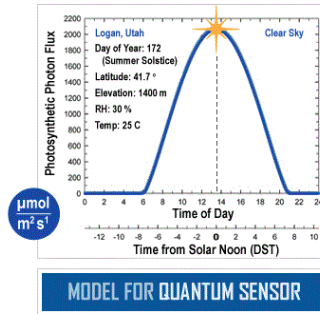
This calculator determines the intensity of radiation falling on a horizontal surface at any time of the day in any location in the world. The primary use of this calculator is to determine the need for recalibration of radiation sensors. It is most accurate when used near solar noon in the summer months.

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



**MODEL FOR PYRANOMETER**

SHORTWAVE RADIATION



**MODEL FOR QUANTUM SENSOR**

PHOTOSYNTHETIC PHOTON FLUX

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



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<sub>tz</sub> =

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 =  %

Name:

E-mail:

Phone:

Serial #:

Comments:

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

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<sub>p</sub>** = 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](mailto:calibration@apogee-inst.com)

Clear Sky Calculator für Quantensensoren. Die Standortdaten werden in die blauen Zellen in der Mitte der Seite eingegeben und eine Schätzung der PPFD wird auf der rechten Seite zurückgegeben.

---

## FEHLERSUCHE UND KUNDENBETREUUNG

### Unabhängige Überprüfung der Funktionsfähigkeit

Die Quantensensoren der Serie SQ-100X von Apogee sind selbstversorgende Geräte und geben ein Spannungssignal aus, das proportional zur einfallenden PPFD ist. Eine schnelle und einfache Überprüfung der Sensorfunktionalität kann mit einem Voltmeter mit Millivolt-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 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 bei zunehmendem Abstand und zunehmendes Signal bei abnehmendem Abstand). Wird die gesamte Strahlung des Sensors blockiert, sollte das Sensorsignal auf Null sinken.

### Kompatible Messgeräte (Datenlogger/Controller/Messgeräte)

Die Quantensensoren der Serie SQ-100X werden mit einem Standardkalibrierungsfaktor von  $10,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  pro mV kalibriert, was eine Empfindlichkeit von  $0,1 \text{ mV pro } \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ergibt. Daher sollte ein kompatibles Messgerät (z. B. Datenlogger oder Controller) eine Auflösung von mindestens  $0,1 \text{ mV}$  haben, um eine PPFD-Auflösung von  $1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  zu erreichen.

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

### Länge des Kabels

Wenn der Sensor an ein Messgerät mit hoher Eingangsimpedanz angeschlossen ist, werden die Ausgangssignale des Sensors durch Kürzen des Kabels oder Aufspießen eines zusätzlichen Kabels im Feld nicht verändert. Tests haben gezeigt, dass bei einer Eingangsimpedanz des Messgeräts von mehr als 1 Megaohm die Kalibrierung selbst nach Hinzufügen von bis zu 100 m Kabel nur geringfügig beeinflusst wird. Alle Apogee-Sensoren verwenden abgeschirmte, paarweise verdrehte Kabel, um elektromagnetische Störungen zu minimieren. Für optimale Messungen muss der Abschirmungsdraht mit einer Erdung verbunden werden. Dies ist besonders wichtig, wenn der Sensor mit großen Leitungslängen in elektromagnetisch verrauschten Umgebungen verwendet wird.

### Umrechnungstabellen für Einheiten

Die Quantensensoren der Serie SQ-100X von Apogee sind für die Messung der PPFD in Einheiten von  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  kalibriert. Für bestimmte Anwendungen können andere Einheiten als die Photonenflussdichte (z. B. Energiestromdichte, Beleuchtungsstärke) erforderlich sein. Es ist möglich, den PPFD-Wert eines Quantensensors in andere Einheiten umzurechnen, aber dazu ist die Spektralleistung der betreffenden Strahlungsquelle erforderlich. Umrechnungsfaktoren für gängige Strahlungsquellen finden Sie auf der Seite Unit Conversions im Support Center auf der Apogee-Website (<http://www.apogeeinstruments.com/unit-conversions/>; scrollen Sie nach unten zum Abschnitt Quantensensoren). Eine Tabellenkalkulation zur Umrechnung von PPFD in Energiestromdichte oder Beleuchtungsstärke finden Sie ebenfalls auf der Seite Einheitenumrechnungen im Support Center auf der Apogee-Website (<http://www.apogeeinstruments.com/content/PPFD-to-Illuminance-Calculator.xls>).

---

# 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 seines spezifizierten Betriebsbereichs.
3. Naturereignisse wie Blitzschlag, Feuer usw.
4. Unbefugte Änderung.
5. Unsachgemäße oder nicht autorisierte Reparatur.

Bitte beachten Sie, dass eine Abweichung der Nenngenauigkeit 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 (kostenlos)**

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.

Abweichende oder beschleunigte Versandmethoden gehen zu Lasten des Kunden.

**Wie man einen Artikel zurückgibt – ACHTUNG: Apogee-Produkte, die über einen Vertriebspartner erworben wurden (z.B. UP GmbH), sind an diesen zurückzuschicken!! - wenden Sie sich bitte an [support@upgmbh.com](mailto:support@upgmbh.com) bzw. Verwenden Sie das [UP-Rücksendeformular](#) – die Absätze 1-3 treffen hier dann nicht zu!**

1. Bitte senden Sie keine Produkte an Apogee Instruments zurück, bevor Sie eine RMA-Nummer (Return Merchandise Authorization) von unserer technischen Support-Abteilung erhalten haben, indem Sie ein Online-RMA-Formular unter [www.apogeeinstruments.com/tech-support-recalibration-repairs/](http://www.apogeeinstruments.com/tech-support-recalibration-repairs/) ausfüllen. Wir werden Ihre RMA-Nummer für die Nachverfolgung des Serviceartikels verwenden. Rufen Sie uns unter (435) 245-8012 an oder senden Sie eine E-Mail an [techsupport@apogeeinstruments.com](mailto:techsupport@apogeeinstruments.com), wenn Sie Fragen haben.

2. Senden Sie alle RMA-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. Bitte schreiben Sie die RMA-Nummer auf die Außenseite des Versandbehälters.

4. Senden Sie den Artikel frachtfrei und vollständig versichert an unsere unten angegebene Werksadresse. Wir sind nicht verantwortlich für Kosten, die mit dem Transport von Produkten über internationale Grenzen hinweg verbunden sind.

**Apogee Instrumente, Inc.  
721 West 1800 North Logan, UT  
84321, USA**

5. 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 [techsupport@apogeeinstruments.com](mailto:techsupport@apogeeinstruments.com), bzw. [support@upgmbh.com](mailto: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 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.*

Übersetzung: UP Umweltanalytische Produkte GmbH \* [www.upgmbh.com](http://www.upgmbh.com) \* [vertrieb@upgmbh.com](mailto:vertrieb@upgmbh.com), mit DeepL