LP PYRA 02 - LP PYRA 03 - LP PYRA 12
LP PYRA 05 - LP PYRA 06 - LP NET 07

LP NET 07

PYRANOMETER - ALBEDOMETER - NET-RADIOMETER

Delta Ohm stellt zwei Pyranometer **LP PYRA 02** und **LP PYRA 12** der Klasse 1 (nach der Norm ISO 9060 und der WMO Empfehlungen) und ein Pyranometer **LP PYRA 03** der Klasse 2 nach denselben Normen her. Es handelt sich um leistungsstarke, zuverlässige Geräte, die auch unter ungünstigen Witterungsbedingungen einsetzbar und für den Feldeinsatz geeignet sind.

Übliche Einsatzgebiete sind die Klimatologie (Wetterstationen), die Landwirtschaft, Untersuchungen zum rationellen Energieverbrauch, Messen der Leistungsfähigkeit von photovoltaischen Anlagen, etc..

Die Pyranometer LP PYRA 02 und LP PYRA 03 erfassen die Summe aus direkter und diffus reflektierter Globalstrahlung im Spektralbereich von 0,3µm bis 3,0µm. Mit dem Strahlungsschutzring gegen die Einstrahlung der direkten Komponente der Globalstrahlung ermöglicht das LP PYRA 12, nur den diffus reflektierten Anteil der Globalstrahlung zu messen.
Die Pyranometer benötigen keine aktive Versorgung und erzeugen eine

Spannung, die $10 \frac{mV}{kW \bullet m^2}$ beträgt.

Jedes der Pyranometer ist nach WRR (World Radiometric Reference) kalibriert und mit dem entsprechenden Kalibrierbericht versehen.

Technische Eigenschaften	**LP PYRA 02 / LP PYRA 12***	**LP PYRA 03**
Typische Empfindlichkeit	10 µV/(W/m²)	
Impedanz	33 Ω ÷ 45 Ω	
Messbereich	0 ÷ 2000 W/m²	
Raumwinkel	2π sr	
Spektralbereich	305 nm ÷ 2800 nm W/m² (50%)	
Betriebstemperatur	-40 °C ÷ 80 °C	
Gewicht	0.90 Kg	0. 45 Kg
Technische Eigenschaften nach ISO 9060		
Ansprechzeit (95%-Wert-Zeit)	< 28 sec	< 30sec
Null-Off set		
a) bei Wärmestrahlung von 200W/m²	15 W/m²	25 W/m²
b) bei Temperaturveränderung der Umgebung von 5K/h	<|± 4|W/m²	<|± 6|W/m²
3a) Langzeitstabilität über 1 Jahr	<|± 1.5|%	<|± 2.5|%
3b) Nichtlinearität	<|± 1|%	<|± 2|%
3c) Richtungsfehler	<|±18|W/m²	<|±22|W/m²
3d) Fehler der spektralen Empfindlichkeit	<|±5|%	<|±7|%
3e) Temperatureinfluss	< 4 %	< 8 %
3f) Neigungseinfluss	<|± 2|%	<|± 4|%
*** Strahlunsschutzring für LP PYRA 12**		
Gewicht		5.90 Kg
Durchmesser des Ringes		570 mm
Höhe des Ringes		54 mm
Durchmesser der Basis		300 mm

BESTELLCODE

LP PYRA 02-5: Pyranometer erster Klasse nach ISO 9060. Es ist versehen mit einem Schutzschirm, einer Patrone für Kieselgelkristalle, 2 Päckchen mit Kieselgel, einer Libelle zur Nivellierung, einem 5m langen Anschlusskabel und dem Kalibrierbericht.
LP PYRA 02-10: wie oben, jedoch mit 10m langem Anschlußkabel
LP S1: Kit, bestehend aus einem Befestigungsstab für Pyranometer LP PYRA 02 an einem Mast, mit Libelle, Nivellier- und Fixierschrauben versehen
LP SP1: Schutzschirm für LP PYRA 02
LP SG: Kieselgelpatrone komplett mit O-Ring.
LP G: Packung mit 5 Kieselgelpäckchen
LP PYRA 03-05: Pyranometer zweiter Klasse nach ISO 9060. Er ist mit einem 5m langen Anschlusskabel und dem Kalibrierbericht versehen.
LP PYRA 03-10: wie oben, jedoch mit 10m langem Anschlußkabel
LP S2: Kit, bestehend aus einem Befestigungsstab für Pyranometer LP PYRA 02 an einem Mast, mit Libelle, Nivellier- und Fixierschrauben sowie Schutzschirm LP SP2 versehen
LP S2: Schutzschirm
LP PYRA 12: Pyranometer (LP PYRA 02) erster Klasse nach ISO 9060. Es ist versehen mit einem Schutzschirm, dem Strahlungsschutzring gegen direkte Globalstrahlung, einer Patrone für Kieselgelkristalle, 2 Päckchen mit Kieselgel, einer Libelle zur Nivellierung, einem 10m langen Anschlusskabel und dem Kalibrierbericht.

LP PYRA 06

LP PYRA 05

LP PYRA 12

Delta Ohm stellt zwei Typen von Albedometern her, das **LP PYRA 05**, das aus zwei Pyranometern der Klasse 1 (nach der Norm ISO 9060 und der WMO Empfehlungen), und das **LP PYRA 06**, das aus zwei Pyranometern der Klasse 2 (nach denselben Normen) aufgebaut ist. Das Albedometer besteht aus zwei gleichartigen entgegengesetzt gerichteten Pyranometern, von denen eines nach oben zur Atmosphäre gerichtet und das andere nach unten dem Erdboden zugewendet ist. Das zur Atmosphäre gerichtete Pyranometer erfasst die Summe aus direkter und diffus reflektierter Globalstrahlung, während das dem Erdboden zugewandte Pyranometer nur die vom Boden reflektierte Globalstrahlung aufnimmt. Die Ausgänge beider Pyranometer liefern elektrische Signale derselben Empfindlichkeit und können mit einem Datalogger oder einer automatischen Messwerterfassungs- und -verarbeitungseinheit verbunden werden.
Die Albedo ist errechnet sich aus dem Verhältnis von der durch den Boden reflektierten zu der aus der Atmosphäre insgesamt einfallenden Globalstrahlung:

$$\text{ALBEDO} = \frac{\text{Zurückgeworfene Globale Dtrahlung}}{\text{Einfallende Globale Strahlung}}$$

Mit dem Albedometer ist es jedoch auch möglich, die direkte Globalstrahlung zu erfassen, wenn man die Differenz zwischen der einfallenden und der reflektierten Globalstrahlung errechnet.
Die Delta Ohm Albedometer messen im Spektralbereich von 0,3µm bis 3,0 µm. Die beiden das Albedometer bildenden Pyranometer benötigen keine aktive Versorgung und erzeugen eine Spannung,

die $10 \frac{mV}{kW \bullet m^2}$ beträgt.

Jedes der beiden Pyranometer ist nach WRR (World Radiometric Reference) einzeln kalibriert und mit dem entsprechenden Kalibrierbericht versehen.
Es handelt sich um leistungsstarke, zuverlässige Geräte, die auch unter ungünstigen Witterungsbedingungen einsetzbar und für den Feldeinsatz geeignet sind.
Übliche Einsatzgebiete sind die Klimatologie (Wetterstationen), Reif- und Schneezustandsmessungen, Landwirtschaft, etc.

LP PYRA 03

Technische Eigenschaften	LP PYRA 05*	LP PYRA 06*
Typische Empfindlichkeit	10 µV/(W/m²)	
Impedanz	33 Ω ÷ 45 Ω	
Messbereich	0 ÷ 2000 W/m²	
Raumwinkel	2π sr	
Spektralbereich	305 nm ÷ 2800 nm W/m² (50%)	
Betriebstemperatur	-40 °C ÷ 80 °C	
Gewicht	1.35 Kg	1.1 Kg
Technische Eigenschaften nach ISO 9060		
Ansprechzeit (95%-Wert-Zeit)	< 28 sec	< 30sec
Null-Off set		
a) bei Wärmestrahlung von 200W/m²	15 W/m²	25 W/m²
b) bei Temperaturveränderung der Umgebung von 5K/h	<|± 4|W/m²	<|± 6|W/m²
3a) Langzeitstabilität über 1 Jahr	<|± 1.5|%	<|± 2.5|%
3b) Nichtlinearität	<|± 1|%	<|± 2|%
3c) Richtungsfehler	<|±18|W/m²	<|±22|W/m²
3d) Fehler der spektralen Empfindlichkeit	<|±5|%	<|±7|%
3e) Temperatureinfluss	< 4 %	< 8 %
3f) Neigungseinfluss	<|± 2|%	<|± 4|%

* Alle technischen Daten, mit Ausnahme des Gewichtes, beziehen sich auf eines der beiden das Albedometer bildenden Pyranometer.

BESTELLCODE

LP PYRA 05: Aus zwei Pyranometern erster Klasse bestehendes Albedometer nach ISO 9060. Es ist mit einem oberen und einem unteren Schutzschirm versehen, einer Patrone für Kieselgelkristalle, 2 Päckchen mit Kieselgel, einer Libelle zur Nivellierung, einem Befestigungsrohr, einem 10m langen Anschlusskabel und dem Kalibrierbericht.
LP SP1: Oberer Schutzschirm für das Albedometer LP PYRA 05.
LP SP3: Unterer Schutzschirm für das Albedometer LP PYRA 05.
LP SG: Kieselgelpatrone komplett mit O-Ring.
LP G: Packung mit 5 Kieselgelpäckchen.
LP PYRA 06-05: Aus zwei Pyranometern zweiter Klasse bestehendes Albedometer nach ISO 9060. Es ist versehen mit einem oberen und einem unteren Schutzschirm, einer Libelle zur Nivellierung, einem Befestigungsrohr, einem 5m langen Anschlusskabel und dem Kalibrierbericht.
LP PYRA 06-10: wie oben, jedoch mit 10m langem Anschlußkabel.
LP SP2: Schutzschirm für das Pyranometer LP PYRA 03.

NETTO STRAHLUNGSMESSER

Das Net-Radiometer **LP NET 07** misst die Netto-Bestrahlung durch eine Oberfläche vom nahen Ultraviolett- zum fernen Infrarotbereich. Als Netto-Bestrahlung wird die Differenz bezeichnet, zwischen der auf die obere Empfangsfläche treffende Bestrahlung und der Bestrahlung, welche auf die untere Empfangsfläche des Net-Radiometers trifft. Die obere empfangende Fläche misst die direkte und diffuse Sonnenstrahlung und Langwellenstrahlung des Himmels (Wolken), während die untere empfangende Fläche die vom Boden reflektierte Strahlung (Albedo) und die vom Boden abgegebene Langwellenstrahlung misst.
Planung und Aufbau gestatten den uneingeschränkten Aussengebrauch des Gerätes unter allen Witterungsbedingungen.
Ausser zu Messungen des Energiehaushaltes im meteorologischen Bereich kann das LP NET 07 auch im Innenbereich zur Messung der Strahlungstemperatur (ISO 7726) verwendet werden.

Funktionsprinzip

Das Net-Radiometer LP NET 07 basiert auf einem Thermopile-Sensor, dessen warme Vergleichsstellen in thermischem Kontakt mit der oberen Empfangsfläche stehen, während die kalten Vergleichstellen mit der unteren Fläche in Verbindung stehen.
Die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Empfängern ist direkt proportional zur Netto-Strahlung. Der Temperaturunterschied zwischen den Vergleichsstellen wird durch den Seebeck-Effekt in eine elektrische Potentzialdifferenz umgewandelt. Die beiden Empfänger sind mit teflon®-Beschichteten Kuppeln ausgestattet, deren besondere Form eine optimale Antwort gemäss dem Lambertschen Kosinusgesetz garantieren. Die teflon®-Beschichtung gestattet ausserdem die Ausseninstallation über lange Zeiträume ohne Beschädigungsgefahr und gewährt eine konstante spektrale Antwort im im Ultraviolettbereich (200nm) bis hin zum fernen Infrarotbereich (100µm).

Installation und Montage des Net-Radiometers zur Messung der Globalstrahlung:

- Das LP NET 07 sollte in einer, zur periodischen Reinigung der beiden Oberflächen, leicht zugänglichen Position installiert werden. Zur Reinigung der beiden Oberflächen kann reines Wasser oder Äthylalkohol verwendet werden.
- Das Net-Radiometer sollte fern von jedem Hindernis installiert werden, welches Sonnenreflexe projizieren oder im Laufe des Tages und der Jahreszeiten den eigenen

Schatten auf das Radiometer werfen könnten.

- Wenn das Net-Radiometer in der nördlichen Halbkugel verwendet wird, ist es üblich, es gegen Süden auszurichten und umgekehrt, wenn es in der südlichen Halbkugel verwendet wird.
- Das Gerät sollte mit einer Mindesthöhe von 1.5m vom Erdboden installiert werden. Es sollte dabei beachtet werden, dass der auf die untere Empfangsfläche treffende Strahlungsfluss von einer kreisförmigen Fläche ausgeht, dessen Radius etwa 10 Mal der Höhe entspricht.
- Während der Montage sollte es vermieden werden, die Empfangsoberflächen mit blossen Händen zu berühren.

Elektrische Anschlüsse und Anforderungen an die Auswerte-Elektronik:

- Das Net-Radiometer LP NET 07 benötigt keine Versorgung.
- Es ist mit einem 5 m langen Signalkabel ausgestattet.
- Das Strahlungsbeständige PTFE-Kabel ist zweiadrig mit Umflechtung /Abschirmung, der Farbcode lautet folgendermassen:
  Schwarz → mit dem Gehäuse verbunden
  Rot → (+) Pluspol des Sensorsignals
  Blau → (-) Minuspol des Sensorsignals
  Das Anschlussschema ist in Abb.1 dargestellt.
- Es wird entweder an eine Millivoltmeter oder an eine anderes Auswertegerät angeschlossen, dessen Eingangsimpedanz mindestens 4000Ω betragen sollte. Das Ausgangssignal des Net-Radiometers überschreitet typischerweise Werte von ±20 mV nicht. Die empfohlene Auflösung des Auswertegerätes sollte, um di Charakteristiken des Net-Radiometers voll auszunutzen, 1μV sein.

Wartung:

Um die Genauigkeit der Messungen beizubehalten, ist es notwendig, die Oberflächen so oft als möglich zu reinigen, je öfter dies geschieht, desto grösser wird die Präzision der Messwerte bleiben. Die Reinigung kann mit Wasser und mit weichem Papier zur Reinigung von Foto-Objektiven ausgeführt werden, falls dies nicht ausreichen sollte, kann reiner Äthylalkohol verwendet werden. Nach Reinigung mit Äthylalkohol ist eine erneute Reinigung mit Wasser erforderlich.

Es ist empfehlenswert die Eichung des LP NET mit jährlicher Frequenz durchzuführen. Die Eichung kann direkt auf dem Feld durch Vergleichsmessung mit einem Net-Radiometer-Urnormal durchgeführt werden. Die Eichung auf dem Feld ist zwar etwas ungenauer gegenüber einer Eichung im Labor, hat aber den Vorteil, dass das Gerät an seinem Installationsort belassen werden kann.

Eichung und Messung:

Die Empfindlichkeit S (oder Eichfaktor) gestattet die Bestimmung des Strahlungsflusses über eine Oberfläche. **Der Faktor S ist in μV/(Wm^{-2}) angegeben.**

Nach Bestimmung des Differenzpotenzials (DDP) an den Enden des Widerstände kann der Strahlungsfluss E_e nach folgender Formel erechnet werden.:

$$E_e = DDP/S$$

Wobei:

E_e: Strahlunsgsfluss in W/m^2,

DDP: Vom Voltmeter gemessenes, in μV wiedergegebenes Differenzpotential

S: Eichfaktor, welcher auf dem Etikett des Net-Radiometers (Eichbericht) in μV/(W/m^2) angegeben wird.

Bitte beachten:

Ist das Differenzpotential positiv, so ist die Bestrahlung auf der oberen Fläche grösser als die Bestrahlung auf der unteren Fläche (üblicherweise während der Tagesstunden), ist das DDP negativ so ist die Bestrahlung auf der unteren Fläche grösser als auf der oberen (üblicherweise während der Nachtstunden).

Jedes Net-Radiometer wird einzeln im Werk geeicht und unterscheidet sich durch seinen individuellen Eichfaktor.

Die Eichung im metrologischen Labor der Delta Ohm erfolgt durch **Vergleichsmessung mit einem Bezugsnormal und einem Sonnensimulator als Lichtquelle. Sie wird mit parallel gebündeltem Licht durchgeführt.**

Windgeschwindigkeitsabhängigkeit der Empfindlichkeit:

Bei gleichbleibendem Strahlungsfluss, aber zunehmender Windgeschwindigkeit, nimmt das Ausgangssignal des Net-Radiometers ab. (Die Empfindlichkeit nimmt mit zunehmender Windgeschwindigkeit ab). Messungen im Windkanal haben gezeigt, dass die Abhängigkeit der Empfindlichkeit S_v des LP NET 07 von der Windgeschwindigkeit in etwa mit folgenden zwei Funktionen dargestellt werden kann:

$S_v = S_0(1-0.011\times V)$ für $V \leq 10$m/s

$S_v = S_0(0.95-0.006\times V)$ für 10m/s<V<20m/s

Wobei:

S_0 der Empfindlichkeit bei Windabwesenheit,

V der Windgeschwindigkeit in m/s entspricht.

In Abb 2 ist das Verhalten des Eichfaktors in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit dargestellt:

Ist also einmal die Netto-Strahlung durch Verwendung des Empfindlichkeitswertes bei Windabwesenheit (F_{net_0}) berechnet und die Windgeschwindigkeit (V) in m/s bekannt, so erhält man den korrekten Wert durch Anwendung der folgenden Formel:

$F_{net} = F_{net_0}/(1-0.011\times V)$ per $V \leq 10$m/s

$F_{net} = F_{net_0}/(0.95-0.006\times V)$ per 10m/s<V<20m/s

Antwort nach Lambertschen Kosinusgesetz:

Die Bestrahlung einer Oberfläche muss mit einem Sensoren gemessen werden, dessen Antwort, je nach Lichteinfallswinkel, dem Lambertschen Kosinusgesetz entspricht: Ein Empfänger verhält sich nach dem Lambertschen Kosinusgesetz, wenn seine Empfindlichkeit (S_ϑ), je nach dem Winkel des einfallenden Lichtes zur Oberfläche des Empfängers, sich etwa folgendermassen verhält:

$$S_\vartheta = S_0 \cos(\vartheta)$$

Wobei: S_0 Empfindlichkeit bei senkrecht einfallendem Licht ist ϑ der Winkel zwischen normaler und Oberfläche und einfallendem Lichtbündel ist.

In Abb. 3 ist der typische Fehlerverlauf (Prozentsatz) in Abhängigkeit vom Einfallswinkel dargestellt.

Technische Eigenschaften:

Typische Empfindlichkeit:	10 μV/(W/m^2)
Impedanz:	2Ω ÷ 4 Ω
Messbereich:	±2000 W/m^2
Spektralbereich:	0.2 μm ÷ 100 μm
Betriebstemperatur:	-40 °C ÷ 80 °C
Gewicht:	0.35 Kg
Ansprechzeit (95%):	<75 sec

BESTELLCODE

LP NET 07: Net-Radiometer mit 5m langem Standard-Verbindungskabel. Auf Anfrage auch andere Längen.

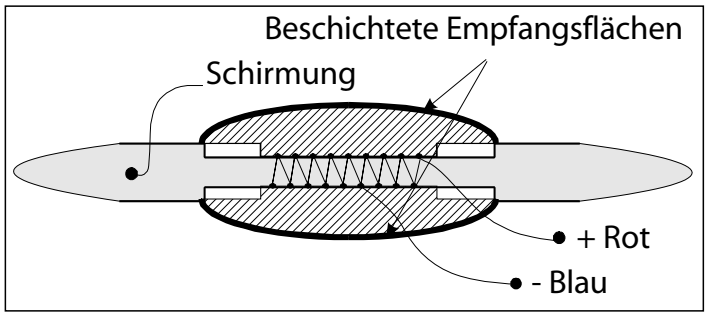

FIG. 1

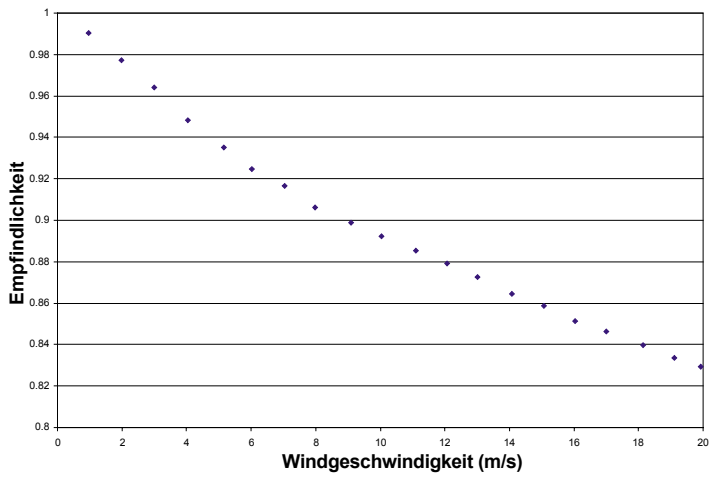

FIG. 2

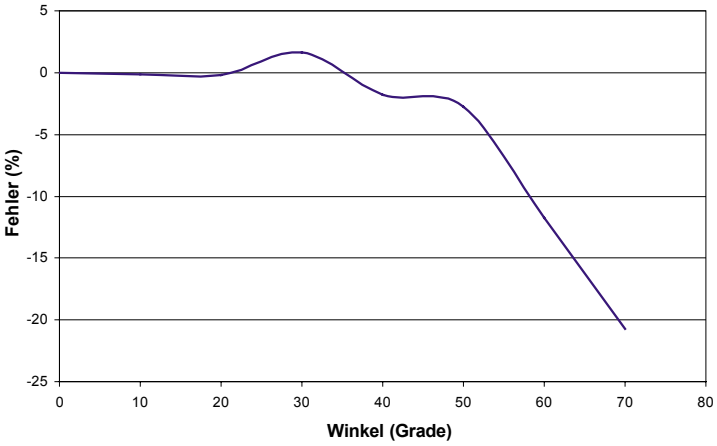

FIG. 3