



ALPINE UMWELTGEFAHREN
LAWINEN UND PERMAFROST
FORSCHUNG +ENTWICKLUNG
MESS- UND WARNSYSTEME

Hansueli Gubler, Richtstattweg 2, CH-7270

Tel / Fax ++41(0)81416 10 19

email AlpuG@alpug.ch www.alpug.ch

IR THERMOMETER FÜR OBERFLÄCHENEMPERATUR-MESSUNGEN BEI TIEFEN TEMPERATUREN

BESCHRIEB

Konzept

Die Schneeoberflächentemperatur ist eine wichtige Kenngrösse zur Beurteilung der Entwicklung der Schneestruktur an der Schneeoberfläche und in den oberflächennahen Schneeschichten. In einem automatischen Erfassungsnetz für Schnee- und Lawinendaten kann die Oberflächentemperatur nur berührungslos gemessen werden. Berührungslose Messungen haben zudem den Vorteil, dass Messgeräte nicht dem Schneedruck ausgesetzt sind. Strahlungsthermometrie ist daher das geeignete Messverfahren zur automatischen Bestimmung der Schneeoberflächentemperatur.

Betriebsbedingungen

Infrarotthermometer werden in automatischen Schneemessnetzen integriert. Die Datenerfassungsstationen stehen meist an im Winter unzugänglichen Standorten zwischen 1500 und 3000m.ü.M. Eine typische Station besteht aus einem 5-8m hohen Masten als Träger für die verschiedenen Instrumente (Wind, Schneehöhenmesser, Temperatur- und Strahlungsmessung, IR -Thermometer, Solarpannel, Funkantenne, Schutzgehäuse für Elektronik) sowie weiteren Instrumenten die abgesetzt vom Mast installiert sind.

Die Datenerfassung erfolgt mit einem Logger/Rechner der alle üblichen Messsignale verarbeiten kann (Analog μ V bis V, RS232, digital ports, Zähler) sowie auch Steuerungsaufgaben erfüllen kann.

Die Funktionen der Station dürfen auch durch extreme Wetterbedingungen nicht beeinträchtigt werden mit Ausnahme von kurzfristigen Einschränkungen

der Messgenauigkeit einzelner Parameter. Extreme Wetterbedingungen lassen sich wie folgt definieren:

Temperaturbereich : -30°C - 40°C

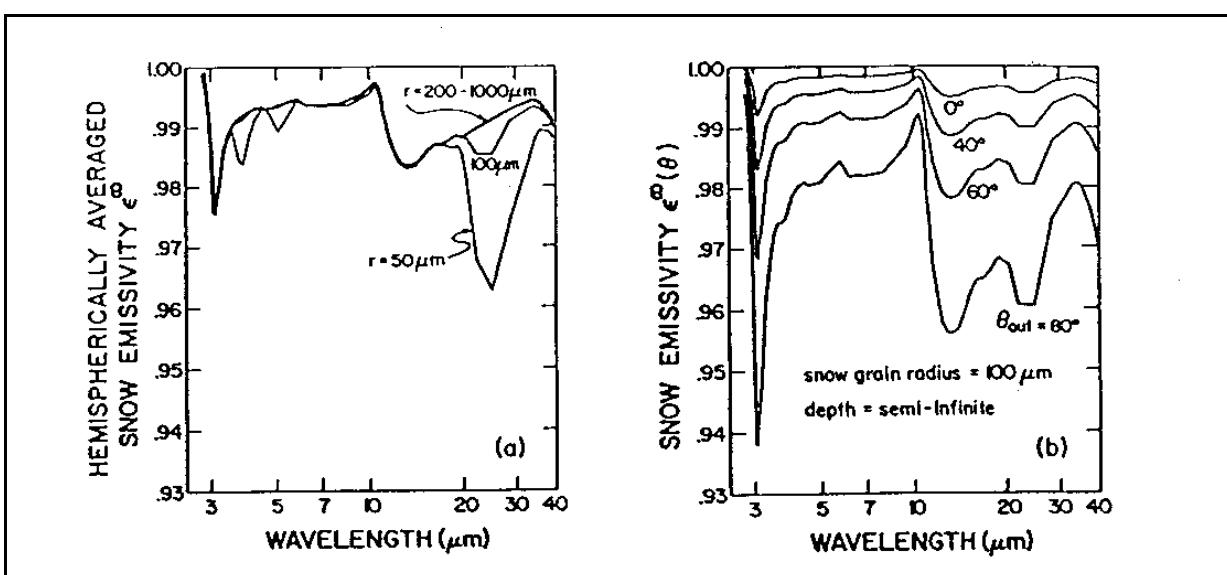
rel. Feuchte : 0 - 100% kondensierend

Wind max. : 70m/s

Verreifung- und Vereisungssituationen

extreme Strahlungsbedingungen: Kurzwellig 1000W/m² allseitig, Abstrahlung langwellig ($\epsilon = 1$) netto gegen Himmel 300W/m².

Emissivität von Schnee im IR-Gebiet



Theoretisch bestimmte Abhängigkeit der IR-Emissivität einer Schneeoberfläche vom Kornradius und dem Beobachtungswinkel (0° entspricht Beobachtungsrichtung senkrecht zur Oberfläche).

Messungen in Bereich 7 - 20 μm ergeben für trockenen Schnee typische Werte für die Emissivität $\epsilon = 0.98$.

Gerätespezifikationen

Betriebstemperatur	-30° bis +40°C
Luftfeuchte	0 bis 100%, kondensierend
Messbereich	-35° bis +10°C
Emissivität	Standard 0.98
Messgenauigkeit ¹	$\pm 0.5^\circ\text{C}$ bei 0°C $\pm 1.5^\circ\text{C}$ bei -10°C $\pm 2.5^\circ\text{C}$ bei -20°C $\pm 4^\circ\text{C}$ bei -35°C $\pm 5^\circ\text{C}$ für Oberflächentemperaturen > 0°C (schneefrei), da Emissivität unbekannt.
Stromversorgung	passives Instrument

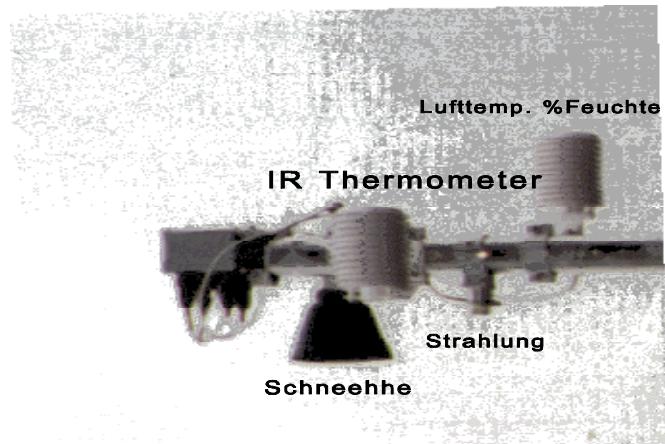
Ausgangsignale	Thermoelement Typ K, Thermistor T107 CSI
Messfleck	Messfleckdurchmesser / Messdistanz = 1/5
Gerätemontage	Mit Strahlungsschutz an Mastausleger.
Verbindungskabel	abgeschirmt max. 10m.

¹ Störungen durch Nebel, Schneetreiben, Kondensation auf Eintrittsfenster sind nicht berücksichtigt, Gehäusetemperatur <10°C.

Technischer Kurzbeschrieb, Betriebsanleitung

Das IR- Thermometer ist ein passives Instrument (Thermosäule). Für die Referenz- / Instrument-Temperaturmessung ist ein CSI 107 Thermistor eingebaut. Da die Thermosäule relativ hochohmig ist, ist die Messung empfindlich auf Verstärker- Input Biasströme und induzierte Signale. In typischen Feldinstallationen ergaben sich damit auch bei Sensorkabellängen bis zu 20m keine Probleme. Unter Laborbedingungen ist der Erdung grosses Gewicht beizumessen. Test: IR Eingangsöffnung mit weissem Papier ausstopfen (Papier ist sehr "schwarz" im thermischen IR) und Temperaturgleichgewicht abwarten. Die Ausgangsspannung sollte nun idealerweise 0 sein, d.h. IR Instrumenttemp.= Referenztemp. Abweichungen sind die Folge schlechter Erdung oder defekter Loggereingänge.

Einen weiteren Test erhält man, indem man bei bekannter Targettemperatur die Abschirmung/Erdung verändert und dabei das Messresultat und insbesonders auch seine Streuung beurteilt. Die Sensitivität beträgt ca. $40\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.



Linearisierungskorrekturen sind bei grossem DeltaT (Differenztemperatur Instrument - Objekt) sinnvoll. Strahlungskorrekturen sind event. ebenfalls sinnvoll (ca. max. 1°C , Rückstreuung der Sonnen-IR-Strahlung zum Instrument, Emissivität Schnee =0.98). Das IR ist für eine Emissivität von ca 0.90 eingestellt. Die Eichung erfolgt durch AlpuG auf Schnee, resp. Eis-Wasser ($\varepsilon=0.96-0.98$)

Thermosäule und 107 Thermistor sind an SE Eingänge des CR10X anzuschliessen:

Stecker female 7 polig Typ Binder Kabeldose Binder 09-0234-00-07, Compona 188234

pin

1 NC

2 NC

- 3 Thermospannung V_{IR} (SE-Eingang), P13, Typ K(3)
- 4 AG (Analog Ground)
- 5 Excitation für Campbell 107 NTC
- 6 NTC Ausgang über Präzisionswiderstand 0.1% 5ppm Temp.Koeff. an AG, Abgriff an SE-Eingang, P11
- 7 Schirm

Linearisierung Version AlpuG (erstellt aufgrund physikalischer Grundlagen und Eichung):

Die thermische Zeitkonstante des Instrumentgehäuses und damit der Referenztemperatur T_{instr} beträgt bei Windstille ca 1h. Bei raschen Umgebungstemperaturänderungen kann die Temperatur der Referenzstelle T_{instr} (Temperatur der Verbindungsstelle Thermoelementdraht - Messleitung) von der Temperatur der Referenzseite der Thermosäule (Instrumenttemperatur) abweichen. Während dieser Zeit kann die Korrektur vom Sollwert abweichen.

$$T_{IR\ eff} = T_{IRmess} + \text{Korr} \quad (\text{alle Temp. } T \text{ in } ^\circ\text{C})$$

$$\text{Korr} = - [1/230 * C * \{T_{IRmess} - P2 * T_{instr} + B\}^2 - 1]$$

- $T_{IR\ eff}$ Korrigierter Messwert
- T_{IRmess} Messwert ohne Korrektur
- T_{instr} Instrumentreferenztemperatur
- B Instrumentenkonstante
- P2 Instrumentenkonstante
- C=1

Emissivitätskorrektur (Näherung):

$$T_{EMKorr} = T_{instr} + \text{SIGN}(\Delta T) * 1/e * \text{ABS}(\Delta T)$$

$$\Delta T = T_{IR\ eff} - T_{instr}$$

e Emissivität des Messobjekts Schnee ca. 0.98 (für Schnee vernachlässigbar).

Programmbeispiel CR 10X (für CR10 auf Anfrage)

- Spannungsmessung mit Offsetunterdrückung und Transientenunterdrückung: `irmV_1`
- $T_{IR\ eff}$ Korrigierter Messwert: `IrResult`
- T_{IRmess} Messwert ohne Korrektur: `irdir_1`
- T_{instr} Instrumentreferenztemperatur: `Ir107_1`
- B Instrumentenkonstante: `beta`

P2 Instrumentenkonstante: P2

```

;-----
;Messung
;-----
5: Temp (107) (P11)
1: 1    Reps
2: 1    SE Channel
3: 1    Excite all reps w/Exchan 1
4: 1    Loc [ Ir107_1 ]
5: 1    Mult
6: 0    Offset

6: Excite-Delay (SE) (P4) Achtung spezielle Anwendung von P4, mit Delay >0
1: 1    Reps
2: 31   2.5 mV 50 Hz Rejection Range (Delay must be zero)
3: 2    SE Channel
4: 3    Excite all reps w/Exchan 3
5: 1    Delay (units 0.01 sec)
6: 0    mV Excitation
7: 15   Loc [ irmV_1 ]
8: 1.0   Mult
9: 0.0   Offset

7: Thermocouple Temp (SE) (P13)
1: 1    Reps
2: 31   ~ 2.5 mV 50 Hz Rejection Range
3: 15   -- SE Channel
4: 3    Type K (Chromel-Alumel)
5: 1    Ref Temp Loc [ Ir107_1 ]
6: 10   Loc [ irdir_1 ]
7: 1    Mult
8: 0    Offset

;-----
;IR correction/calibration
;-----
2: Z=X*Y (P36)
1: 103   X Loc [P2 ]
2: 155   Y Loc [ Ir107_1 ]
3: 152   Z Loc [ IRscr_3 ]

3: Z=X-Y (P35)
1: 150   X Loc [ irdir_1 ]
2: 152   Y Loc [ IRscr_3 ]
3: 152   Z Loc [ IRscr_3 ]

8: Z=X (P31)
1: 93    X Loc [ beta ]
2: 151   Z Loc [ IRscr_2 ]

9: Z=F (P30)
1: 1    F
2: 0    Exponent of 10

```

3: 153 Z Loc [IRscr_4]

11: Z=X+Y (P33)

1: 152 X Loc [IRscr_3]

2: 151 Y Loc [IRscr_2]

3: 152 Z Loc [IRscr_3]

17: Z=X*Y (P36)

1: 152 X Loc [IRscr_3]

2: 152 Y Loc [IRscr_3]

3: 152 Z Loc [IRscr_3]

18: Z=X*F (P37)

1: 152 X Loc [IRscr_3]

2: .00435 F ; 1/230

3: 152 Z Loc [IRscr_3]

19: Z=X*Y (P36)

1: 152 X Loc [IRscr_3]

2: 153 Y Loc [IRscr_4]

3: 152 Z Loc [IRscr_3]

20: Z=X+F (P34)

1: 152 X Loc [IRscr_3]

2: -1 F

3: 152 Z Loc [IRscr_3]

21: Z=X-Y (P35)

1: 150 X Loc [IrScr_1]

2: 152 Y Loc [IRscr_3]

3: 156 Z Loc [IrResult]

AlpuG, 2000



ALPINE UMWELTGEFAHREN
LAWINEN UND PERMAFROST
FORSCHUNG +ENTWICKLUNG
MESS- UND WARNSYSTEME

Hansueli Gubler, Richtstattweg 2, CH-7270
Tel / Fax ++41(0)81416 10 19
email AlpuG@alpug.ch www.alpug.ch

EICHBLATT IR- THERMOMETER

Die Thermometer werden bei Sensorhaupttemperaturen von -5..+5°C, -15°C und -25 .. -20°C auf Scheettargets von 0°C (Schnee-Wassergemisch) und kalten Schnee (-30 ..-20°C) geeicht.

IR S/N	Eichparameter B
01001	12

Davos, 04.12.2001

H. Gubler