

Protokoll 4: Strahlungshaushalt von Wäldern

Bastian Heß, Rebekka Hüfner

21.12.2009

1 Aufgabenstellung

- Berechnen Sie zunächst aus den Spannungen des Strahlungsbilanzgebers (Pyrradiometer, Kennung: UQo_hh, UQu_hh, TQ_hh) und des Globalstrahlungsmessgerätes (Pyranometer, Kennung: UGo_hh und UGu_hh) die kurzwelligen und langwelligen Strahlungsströme aus jeweils beiden Richtungen (von oben Index "o" von unten Index "u") unter und über dem Bestand.

Benötigte Eichfaktoren:

Pyrradiometer (Gesamtstrahlungsbilanzmesser):

- fkw = 22 W/(mV m²)
- flw = 23 W/(mV m²)

Pyranometer (Globalstrahlungsmessgerät):

- fG = 200 W/(mV m²)

Benennung der Strahlungsströme:

die atmosphärische Gegenstrahlung:	A_hh
die Emission:	E_hh
die Globalstrahlung:	G_hh
die reflektierte Globalstrahlung:	RG_hh
die kurzwellige Strahlungsbilanz:	Qk_hh
die langwellige Strahlungsbilanz:	Ql_hh
die Gesamtstrahlungsbilanz:	Q_hh

hh bezeichnet die Messhöhe mit zwei Ziffern.

- Berechnen sie für den Standort Fichtenaltbestandes (F1) im Solling :
 1. die Bilanz der kurz- und langwelligen Strahlung über und unter dem Kronendach
 2. die Gesamtstrahlungsbilanz über und unter dem Kronendach

3. die Albedo der Kronenschicht und des Bodens
4. den kurzwelligen Transmissionskoeffizienten.
 - Stellen Sie alle Größen (auch die kurz- und langwelligen Einzelströme) als mittlere monatliche Tagesgänge und tabellarisch als deren Tagesmittelwerte dar.

2 Methode der Auswertung

2.1 Theorie Hüfner

Für die Berechnung des Strahlungshaushalt des Fichtenaltbestandes (F1) im Solling liegen Daten von Messungen mit einem Pyrriometer, einem Strahlungsbilanzgeber der kurz- und langwellige Strahlung misst und einem Pyranometer, das nur kurzwellige Strahlung messen kann, vor. Die Messungen fanden jeweils in 39m also oberhalb des Kronendachs und in 2m innerhalb des Bestandes statt. Berechnung der Globalstrahlung G :

$$G = fG * U$$

Die langwellige Strahlungsbilanz Q_l ergibt sich aus der Summe der atospärischen Gegenstrahlung A und der Emission des Bodens E :

$$Q_l = A + E$$

(dabei wird die langwellige Reflexstrahlung vernachlässigt)

Die kurzwellige Strahlungsbilanz Q_k ergibt sich aus der Differenz von Globalstrahlung G und reflektierter Globalstrahlung RG :

$$Q_k = G - RG$$

Die Gesamtstrahlungsbilanz Q ergibt sich als Summe der kurz- und der langwelligen Strahlung:

$$Q = Q_k + Q_l$$

Die Albedo Al gibt das Rückstrahlvermögen einer Oberfläche an und wird hier berechnet durch den Quotienten aus reflektierter Globalstrahlung RG und Globalstrahlung G :

$$Al = \frac{RG}{G}$$

Der kurzwellige Transmissionskoeffizient spiegelt Verhältnis der Strahlung innerhalb des Bestandes zur Strahlung über dem Kronendach wieder.

Da die Messinstrumente die Ergebnisse als Spannung ausgeben, müssen die in der Aufgabenstellung gegebenen Eichfaktoren zur Umrechnung benutzt werden.

2.2 SAS-Quellcode_{Heß}

```

libname ueb4 "U:\ppoek\ueb4";
  data radf1;
    set ueb4.radf1;
    fG = 200;
    flw = 23;
    fkw = 22;
/*Globalstrahlung G=fG*U fG = 200 W/(mV m²) UGo_hh UGu_hh */
  G_39=UGO_39*fG;
  G_02=UGO_02*fG;
/*reflektierte Globalstrahlung */
  RG_39=-UGU_39*fG;
  RG_02=-UGU_02*fG;
/* kurzweilige Strahlungsbilanz Q_kw Q_kw= S + H - R_kw Q_kw= G +
R_kw */
  Qk_39=G_39+RG_39;
  Qk_02=G_02+RG_02;
/* atmosph. Gegenstrahlung A = flw*Uo+sigma*T4-G*flw/fkw, sigma = Stefan-
Boltzmann-Konstante 5,67 × 10-8 Wm-2 K-4, T4 = Temperatur des Erdboden-
s*/
  sigma=5.67*10**-8;
  A_39=flw*UQO_39+sigma*TQ_39-G_39*flw/fkw;
  A_02=flw*UQO_02+sigma*TQ_02-G_02*flw/fkw;
/* Emission der Boden-/Bestandesoberfläche E = flw*Uo+sigma*T4-G*flw/fkw
*/
  E_39=-(flw*UQU_39+sigma*TQ_39-(-RG_39)*flw/fkw);
  E_02=-(flw*UQU_02+sigma*TQ_02-(-RG_02)*flw/fkw);
/* langwellige Strahlungsbilanz Ql = A+E W/m2 */
  Ql_39= A_39 + E_39;
  Ql_02=A_02 + E_02;
/* Strahlungsbilanz Q=Q_k+Q_l */
  Q_39=Ql_39+Qk_39;
  Q_02=Ql_02+Qk_02;
/*Albedo rkw = R_kw /G */
  if G_39>10 then al_39= -RG_39/G_39;
  if G_02>10 then al_02= -RG_02/G_02;
  if G_39>10 then t= G_02/G_39;
  h= hour(saszeit)+0.5;
run;
Proc insight data=radf1;
  run;

/*Darstellung als mittlere monatliche Tagesgänge*/
Proc insight data=radgw;

```

```

    line G_39 * Saszeit;
    run;

/* kurz- und langwellige sowie Gesamtstrahlung gegenüberstellen*/
Proc insight data=radgw;
    line Qk_39 Ql_39 Q_39 * Saszeit;
    line Qk_02 Ql_02 Q_02 * Saszeit;
    run;

/*Albedo darstellen*/
Proc insight data=radgw;
    fit Qk_39=G_39;
    fit Qk_02=G_02;
    run;

/*Transmissionkoeffizient*/
Proc insight data=radgw;
    fit G_02=G_39;
    run;

/*Tagesgänge erstellen*/
Proc sort data=radgw;
    by h;
    run;
Proc means data=radgw mean noprint;
    by h;
    output out=tagesgang mean=;
    run;
Proc insight data = tagesgang;
    line G_39* h;
    run;

/* Umlenken der Grafikausgabe in eine gif Datei vor dem Aufruf von proc
gplot*/
goptions device=gif733 gsfmode=REPLACE; GOPTIONS FTEXT=complex
HTEXT=1.2;

symbol1 i = join v = dot c = red l =1 w = 2;
symbol2 i = join v = dot c = green l =1 w = 2;
symbol3 i = join v = dot c = blue l =1 w = 2;
symbol4 i = join v = dot c = magenta l =1 w = 2;
symbol5 i = join v = dot c = olive l =1 w = 2;
symbol6 i = join v = dot c = purple l =1 w = 2;
symbol7 i = join v = dot c = orange l =1 w = 2;
symbol8 i = join v = dot c = marine l =1 w = 2;
symbol9 i = join v = dot c = grey l =1 w = 2;

```

```

symbol10 i = join v = dot c = black l =1 w = 2;

legend1 label=none frame; value=(tick=1 "G_so")value=(tick=2"Gpotso");
goptions device=win;
axis1 order = 0 to 24 by 3 minor=(n=2)label =("Zeit h ");
axis2 /*order = 0 to 60 by 10 minor=(n=4)*/ label =(angle =90 "Strahlungs-
flussdichte W/m2");
filename fileref "T:\ppoek\ueb1\ueb4_00_abb1.gif";
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace htext =
1.3;

proc gplot data = tagesgang;
plot (G_39 RG_39 G_02 RG_02) * h/overlay haxis= axis1 vaxis = axis2 leg-
end= legend1 vref=0 lvref=2;
run;

filename fileref "T:\ppoek\ueb1\ueb4_00_abb2.gif";
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace htext =
1.3;
proc gplot data = tagesgang;
plot (A_39 E_39 A_02 E_02) * h/overlay haxis= axis1 vaxis = axis2 legend=
legend1 vref=0 lvref=2;
run;

filename fileref "T:\ppoek\ueb1\ueb4_00_abb3.gif";
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace htext =
1.3;
proc gplot data = tagesgang;
plot (Q_39 Qk_39 Ql_39 ) * h/overlay haxis= axis1 vaxis = axis2 legend=
legend1 vref=0 lvref=2;
run;

filename fileref "T:\ppoek\ueb1\UEB4_00_abb4.gif";
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace htext =
1.3;
proc gplot data = tagesgang;
plot (Q_02 Qk_02 Ql_02 ) * h/overlay haxis= axis1 vaxis = axis2 legend=
legend1 vref=0 lvref=2;
run;

filename fileref "T:\ppoek\ueb1\UEB4_00_abb5.gif";
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace htext =
1.3;
axis2 order = 0 to 0.5 by 0.05 minor=(n=4)label =(angle =90 "dimensionslos");
proc gplot data = tagesgang; plot (al_39 al_02 T ) * h/overlay haxis= axis1
vaxis = axis2 legend= legend1 vref=0 lvref=2;

```

```

run;

/* Tabelle */
proc means data = tagesgang min mean max maxdec=0;
var G_39 RG_39 QK_39 A_39 E_39 Ql_39 G_02 RG_02 QK_02 A_02
E_02 Ql_02;
output out = mean mean=;
run;

```

3 Ergebnisse_{Heß}

3.1 Bilanz der kurz- und langwelligen Strahlung über und unter dem Kronendach

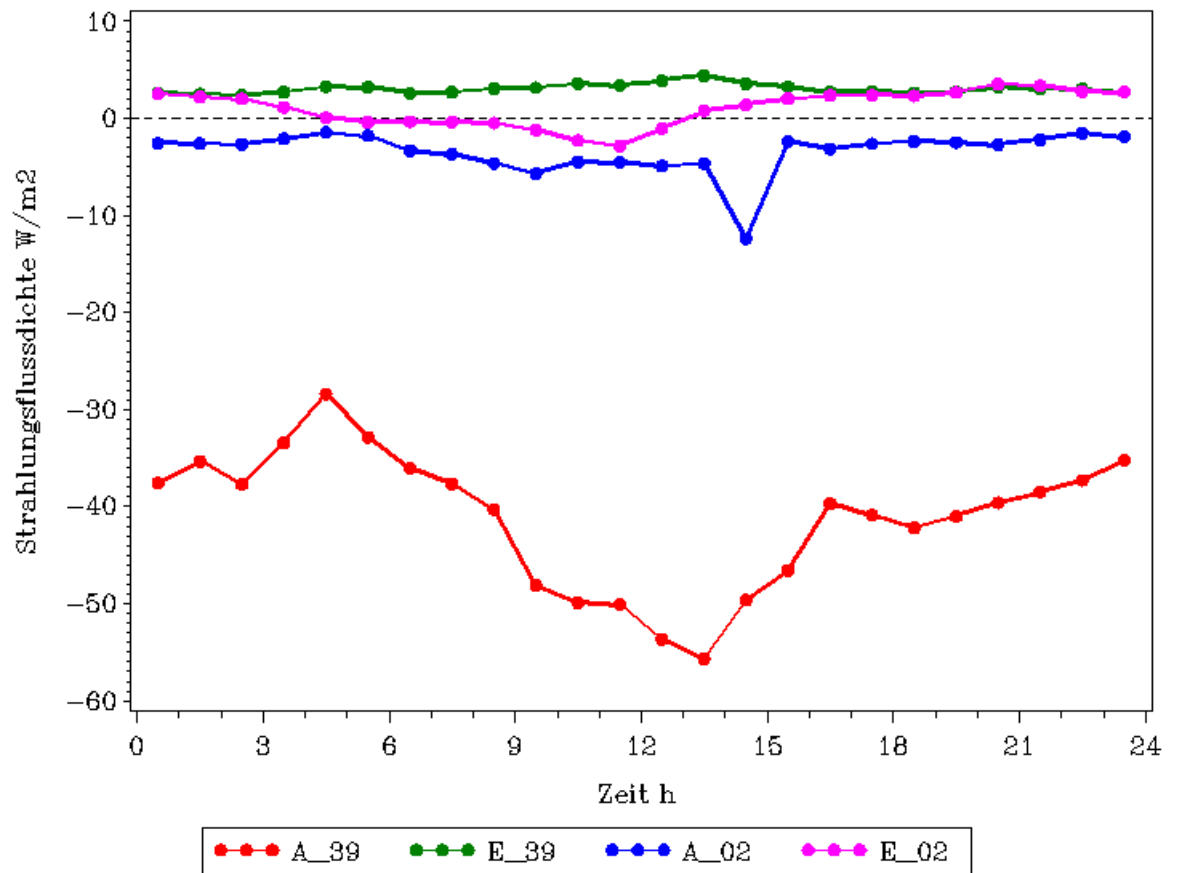


Abb.1 Atmosphärische Gegenstrahlung und Emission der Boden- und Bestandesoberfläche

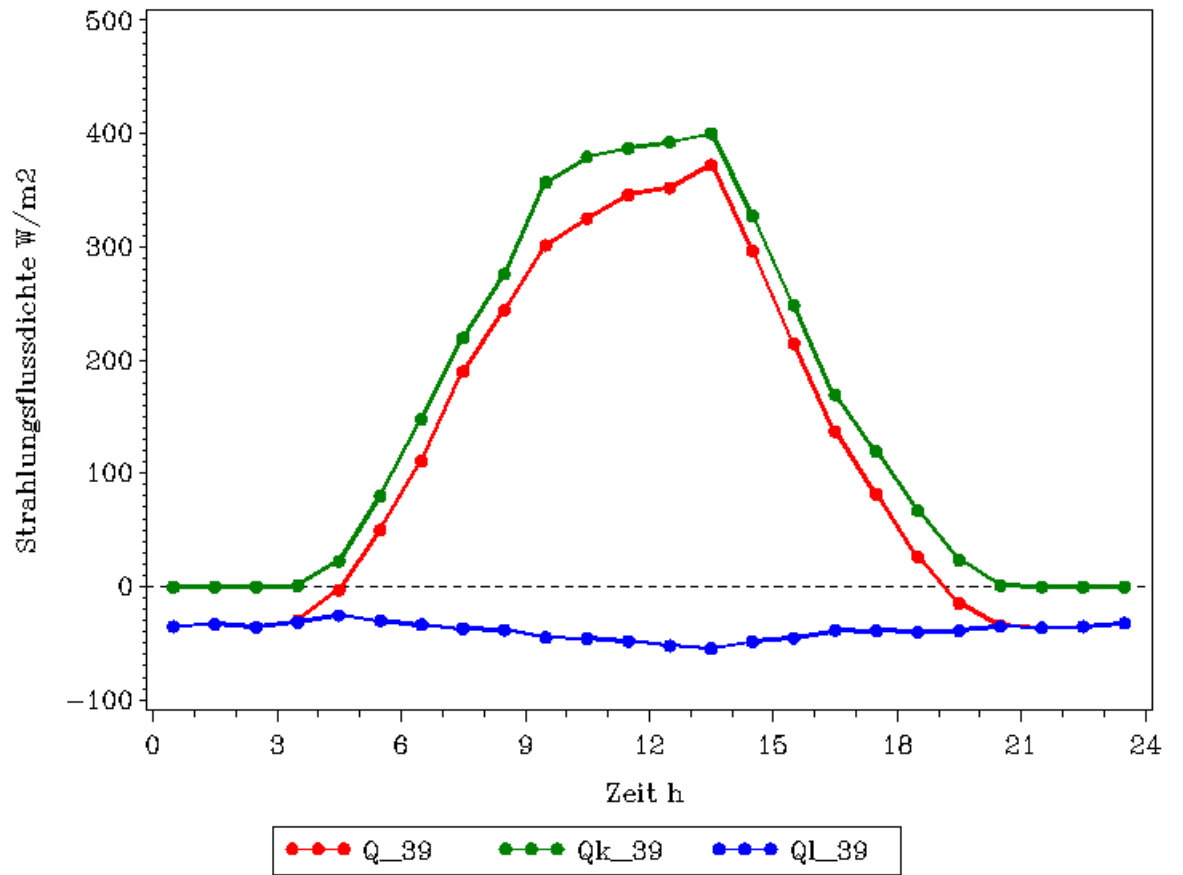


Abb.2 Mittlerer monatlicher Tagesgang der Gesamtstrahlungsbilanz, der kurzwelligeren Strahlungsbilanz und der langwelligeren Strahlungsbilanz in 39 m Höhe

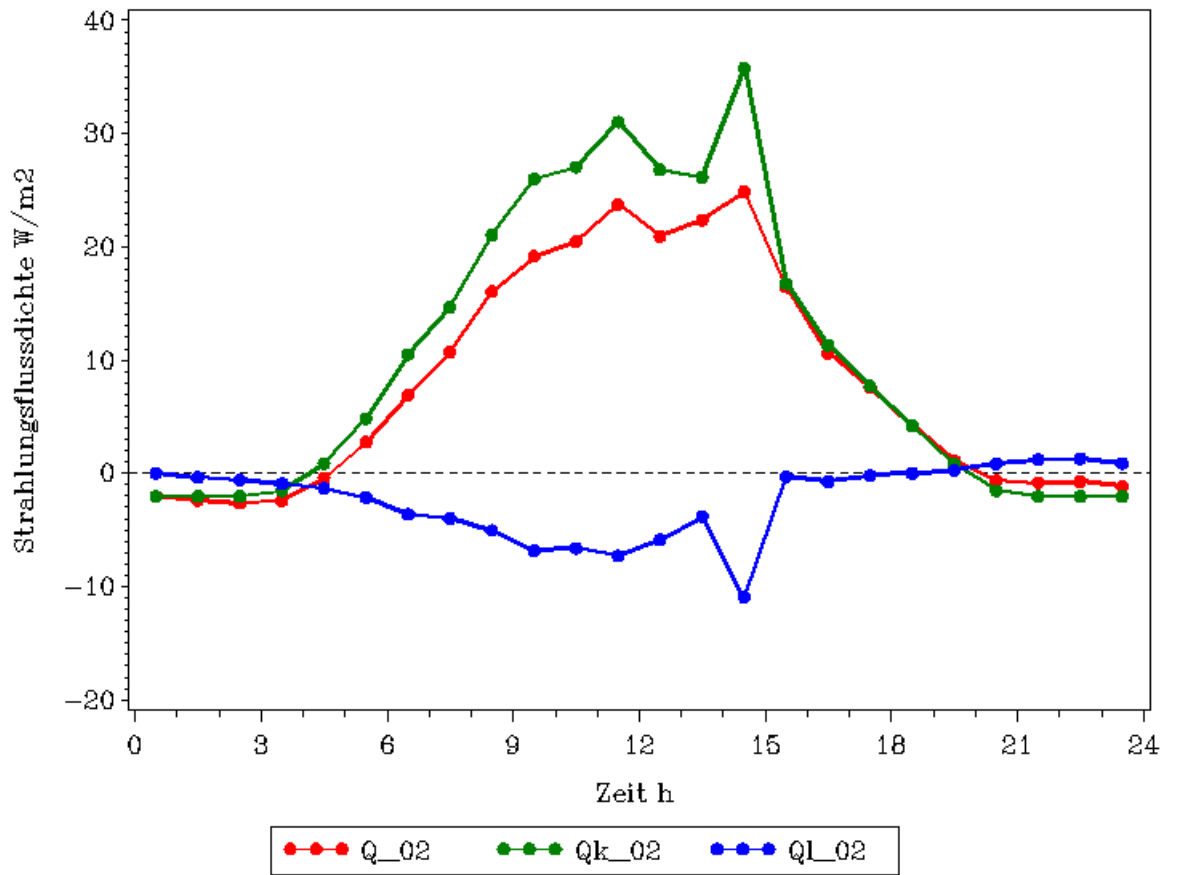


Abb. Mittlerer monatlicher Tagesgang der Gesamtstrahlungsbilanz, der kurzwelligeren Strahlungsbilanz und der langwelligen Strahlungsbilanz in 2 m Höhe

3.2 Gesamtstrahlungsbilanz über und unter dem Kronendach

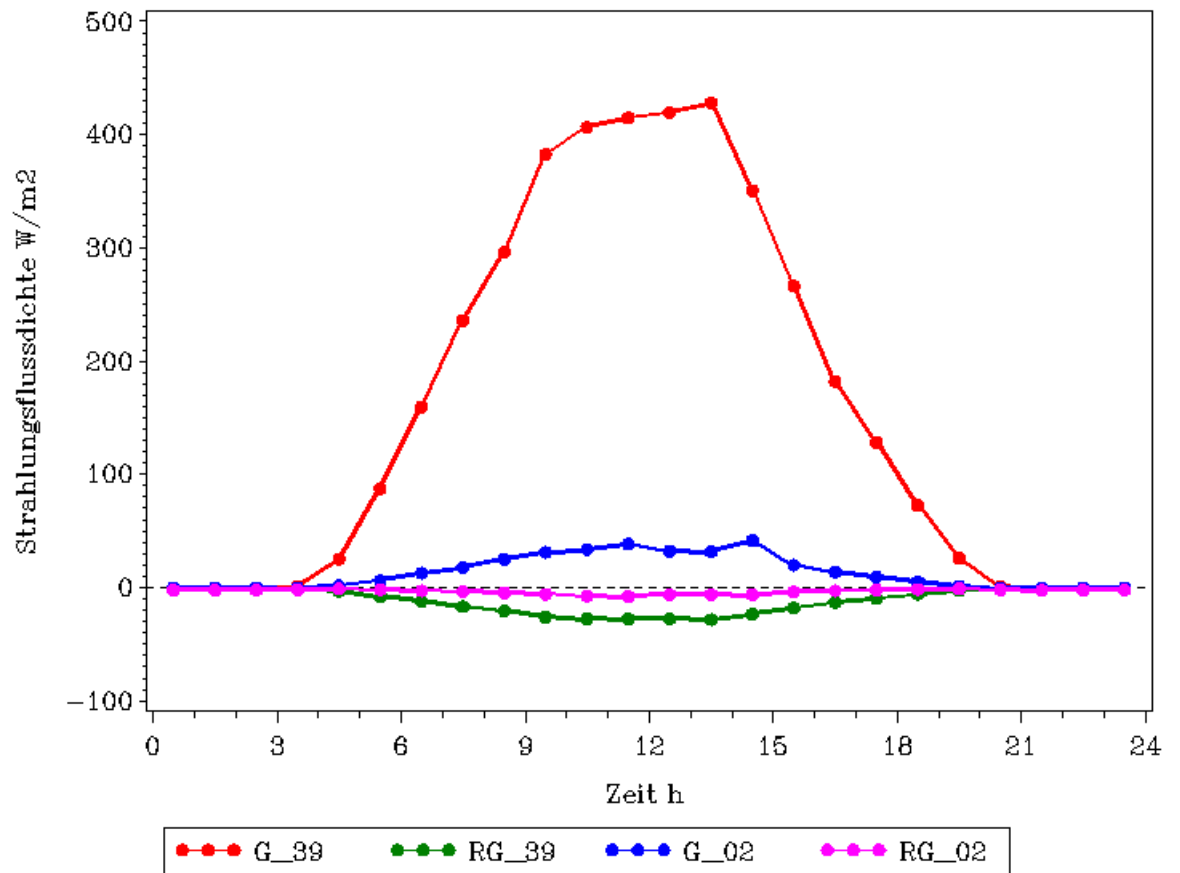


Abb.3 Mittlerer monatlicher Tagesgang Globalstrahlung und der reflektierten Globalstrahlung in 39m und 2m Höhe

3.3 Albedo der Kronenschicht und des Bodens und Kurzwelliger Transmissionkoeffizient

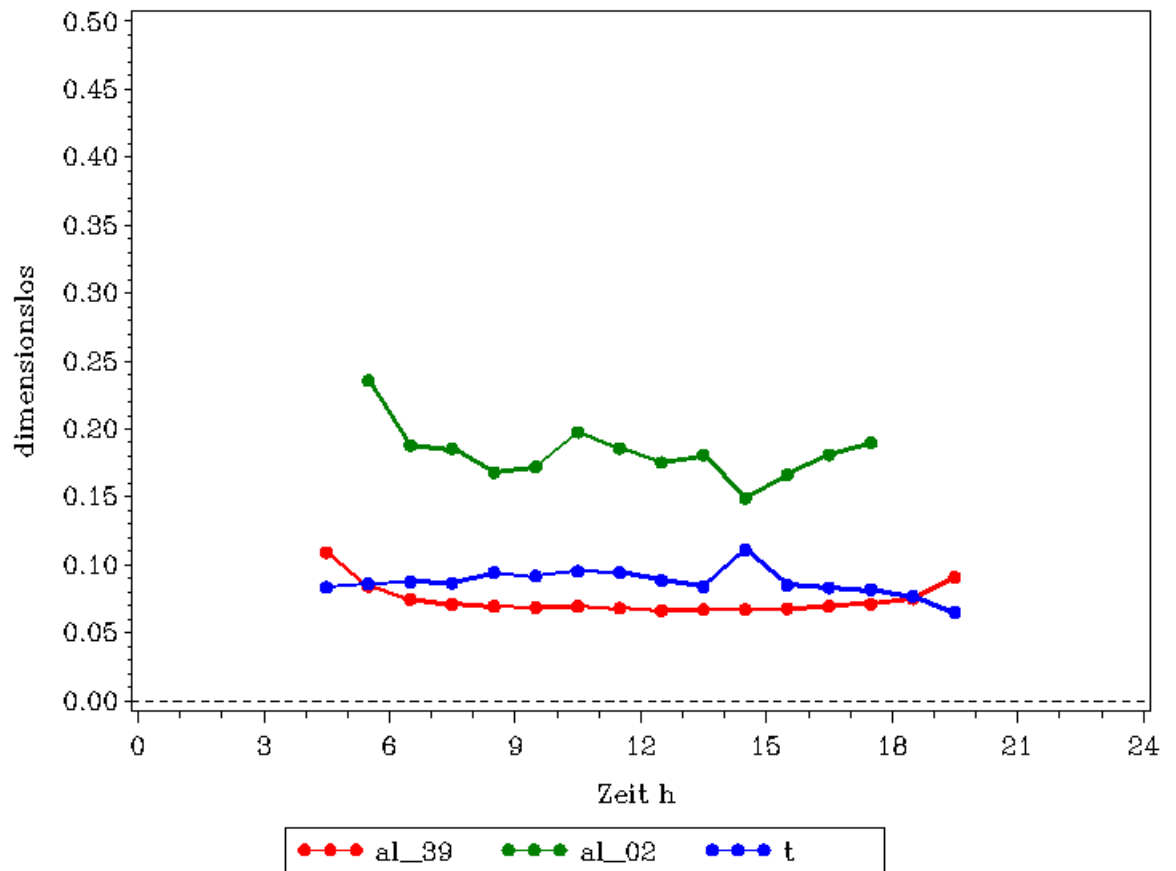


Abb.4 Mittlerer monatlicher Tagesgang der Albedo in 39m und 2m Höhe und des kurzwelligen Transmissionskoeffizienten

4 Diskussion_Hüfner

- Wie unterscheiden sich die Strahlungsflussdichten und Ihre Bilanzen über und unter dem Kronendach?
- Worin liegen die Ursachen für die Abwandlung des Strahlungsklimas?
- Welche grundsätzlichen Unterschiede bestehen im Haushalt der verschiedenen spektralen Strahlungsbereiche (langwellig, kurzwellig)?
- Welche Größen sind relativ vom Wetter unabhängige Bestandesgrößen?
- Wie lautet der Ansatz, um aus einigen der gemessenen Größen die Oberflächentemperaturen der Krone und des Bodens zu berechnen?

4.1 Kurzwellige Strahlung

Die kurzwellige Strahlung in Abb.2 und Abb.3 zeigt einen deutlichen Tagesverlauf. Da diese Strahlung von der Sonne ausgeht ist sie Nachts gleich Null und hat zum Zeitpunkt der maximalen Sonneneinstrahlung ihr Maximum.

Sowohl die Strahlung in 39m als auch die Strahlung in 2m Höhe sind ~~wahrscheinlich~~ vom Wetter beeinflusst. Am Messpunkt in 2m Höhe wurde deutlich weniger Strahlung gemessen als in 39m Höhe. Dafür ist zum einen die Reflektion der kurzwelligen Strahlung am Blätterdach zum anderen die Absorption durch die Blätter verantwortlich. Wieviel der kurzwelligen Strahlung in den Bestand gelangt ist somit abhängig von Blattflächenindex, Blattstellung, Oberfläche und Strahlungsdurchlässigkeit der Blätter und der Verteilung und Größe von Bestandeslücken.

Außerdem wirkt sich die Lage des Bestandes zusätzlich auf die eintreffende Strahlung aus, liegt der Bestand an einem Nordhang so kommt dort nach der Lambertschen Regel weniger direkte Strahlung an als an einem Südhang.

4.2 Langwellige Strahlung

Der Verlauf der langwelligen Strahlung schwankt weniger stark als der Verlauf der kurzwelligen Strahlung, da sie ~~weniger stark~~ von der ~~direkten~~ Sonneneinstrahlung abhängt. Oberhalb des Bestandes bleibt die langwellige Strahlung fast gleich, im Bestand sinkt sie tagsüber leicht ab mit einem deutlichen Minimum am Nachmittag. Die langwellige Strahlung nimmt negative Werte an, da die atmosphärische Gegenstrahlung geringer ist als die Emission des Bestandes. Die Werte in 2m Höhe sind, anders als bei der kurzwelligen Strahlung höher als in 39m Höhe, das liegt nicht daran, dass mehr Strahlung in den Bestand gelangt, sondern daran dass zusätzlich zur durch das Blätterdach transmittierte Strahlung auch die vom Bestand emittierte langwellige Strahlung gemessen wurde.

Mit Hilfe des Stefan-Boltzmann-Gesetzes kann man sich den Zusammenhang zwischen der Emission eines Körpers und seiner Temperatur verdeutlichen:

$$E = \varepsilon \sigma T^4$$

dabei ist E die Emission, ε der Emissions- und Absorptionskoeffizient (bei schwarzen Körpern ist $\varepsilon = 1$), T die Temperatur und $\sigma = 5,67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$ die Boltzmann-Konstante.

4.3 Albedo und kurzwelliger Transmissionkoeffizient

Die Albedo zeigt für beide Messhöhen einen deutlichen Tagesgang in beide Höhen verändert sich die Albedo in Abhängigkeit vom Einfallwinkel der Sonneneinstrahlung.

In 2m Höhe ist die Albedo größer als in 39m, dies kann durch die größere Helligkeit der Oberfläche der Bodenvegetation bzw des Bodens begründet werden. Andererseits lässt die Berechnung der Albedo als Quotient von reflektierter Globalstrahlung und Globalstrahlung nur bedingt einen Vergleich der

Beiden Werte zu, da sich die reflektierte Globalstrahlung in 2m Höhe durch die Bestandesstruktur eventuell anders zusammensetzt als die reflektierte Globalstrahlung in 39m Höhe und da sich die Berechnung nicht auf dieselbe Globalstrahlung bezieht, sondern auf die in der jeweiligen Höhe ist eine direkter grafischer Vergleich wie in Abb.4 nur bedingt aussagekräftig.

5 Schlußfolgerungen_{Heß}

Die Auswertungen ergeben, dass kurzwellige Strahlung und Albedo einem deutlichen Tagesgang in Abhängigkeit der Sonneneinstrahlung unterworfen sind und die langwellige Strahlung nicht. **Die Boltzmann-Konstante zeigt eine Abhängigkeit der Emission von der Temperatur.** Desweiteren ist die Höhe der gemessenen Strahlung abhängig von Vegetationsdichte und Verteilung der Vegetation um das Messgerät.

Eine Abhängigkeit von Wetter, Witterung oder Klima kann anhand der mittleren monatlichen Tagesgänge nicht erschlossen werden.

