

Göttingen, 06.01.2010

Physikalische Prozesse in der Ökologie – Übung 8

Bearbeitet von: Salecker, Jan; Ziegenhagen, Henrik (Gruppe IV)

Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung
2. Methoden
 - 2.1 Theorie
 - 2.2 SAS-Code
3. Ergebnisse
4. Diskussion
5. Schlussfolgerung

1. Aufgabenstellung

Simulieren Sie die Photosyntheserate eines Kronenbereiches, der homogen mit Nadeln in sphärischer Anordnung gefüllt ist und untersuchen Sie die Gesetzmäßigkeiten, nach denen Struktur und Physiologie die CO₂-Aufnahme des Kronenausschnittes beeinflussen. Beschränken Sie sich zunächst einmal auf direkte Strahlung ("schwarze" Blätter, Lambert-Beersches Gesetz).

Die Photosynthese beschreiben Sie mit der Lichtantwortfunktion nach Thornley 1976.

Unterteilen Sie den Kronenraum in Schichten a 0.1 m² Blattfläche pro m² Grundfläche der Blattflächenindex sei 4 m²/m².

Diesen Ansatz finden Sie in

\\ufobi6\trans\ppoek\ueb8\beer_photosynthese.sas

Fragestellungen:

Welche Auswirkungen hat die Schichtdicke auf die Ergebnisse der Simulation?

Wie groß ist die relative PAR-Absorption in Abhängigkeit von LAI und Sonnenwinkel für diffuse und für direkte Strahlung?

Welche Beziehungen sehen Sie zwischen LAI und Brutto-Photosynthese (GPR)?

Welche Unterschiede bewirkt die diffuse Strahlung in der Beziehung zwischen GPR und LAI?

Welche Beziehungen sehen Sie zwischen LAI und Netto-Photosynthese?

Welche Auswirkungen hätte eine Klumpung von Blattfläche auf die Ergebnisse der Simulationen?

Was würde sich ändern, wenn die Blätter nicht schwarz wären?

Fassen Sie die problematischen Vereinfachungen in dem Vorgehen zusammen.

2. Methoden

2.1 Theorie

Die Lichtantwortfunktion von Thornley beschreibt das Sättigungsverhalten der Brutto-Photosynthese GPR in Abhängigkeit von der Photonenflussdichte I .

$$GPR = \frac{(\alpha \cdot I + P_{\max}) - \sqrt{(\alpha \cdot I + P_{\max})^2 - 4\alpha \cdot I \cdot P_{\max}}}{2\theta}$$

Die weiteren Parameter sind:

α = Lichtausnutzungseffizienz

P_{\max} = maximale Photosyntheserate

Will man neben der Brutto-Photosynthese auch die Netto-Photosynthese NPR berechnen, so muss man dabei die Atmungsrate R_d berücksichtigen.

$$NPR = GPR - R_d$$

Trifft Strahlung auf Medien, in unserem Fall Blätter, so kommt es zu einer Reihe von Interaktionen. Die sogenannten optischen Blatteigenschaften können Reflexion (ρ), Transmission (τ) oder Absorption (α) sein. Da die Berücksichtigung aller Einflussgrößen sehr kompliziert sein kann gehen wir von der Annahme aus, dass es sich um schwarze Blätter handelt. Hierbei gilt, dass die Reflexion = Transmission = 0 und somit die Absorption = 1 sein muss. Mit dieser Annahme werden die optischen Eigenschaften einer Fichtennadel im photosynthetisch aktiven Bereich (PAR-Bereich) gut angenähert.

Desweiteren spielt für die Auswertung die Stellung der Nadeln im Raum eine Rolle. Die eintreffende Strahlung kann logischer Weise nur in Wechselwirkung mit dem Teil der Oberfläche treten, der der Strahlungsquelle zugewandt ist. Das Verhältnis der projizierten Fläche A_p zur Gesamtfläche A , bei senkrechter Sonneneinstrahlung, ergibt den Extinktionskoeffizient k , der eine Funktion der Blattstellungswinkelverteilung ist. Da wir in unserer Annahme von schwarzen Blättern ausgehen hat dies zur Folge, dass es zu einer Strahlungsabschwächung (Extinktion) kommt, die proportional zur projizierten Fläche A_p ist. Aus der Formel der Strahlungsabschwächung pro Blattfläche ($dI/dL = -k \cdot I_L$) ergibt sich das

Lambert-Beer'sche Gesetz.

$$I_L = I_0 \cdot e^{-k \cdot L}$$

L = Blattfläche

I₀ = Photonenflussdichte vor Eintritt ins Medium

Es beschreibt die Intensität an einem Punkt in einem homogenen Medium, nachdem eine Blattfläche L durchstrahlt wurde.

In unserer Annahme gehen wir von einer sphärischen Verteilung der Nadel aus. Dies bedeutet, dass neben dem Azimutwinkel auch der Vertikalwinkel gleichverteilt ist und sich aus den Blättern eine Kugeloberfläche bilden lässt.

Das Verhältnis der projizierten Fläche auf die horizontale Ebene zur Gesamtfläche ist abhängig vom Inklinationswinkel der Sonne.



2.2 SAS- Code

```
/*Extinktionskoeffizient */
```

```
data BEER;
```

```
    pi = 4*atan(1);
```

```
    do beta = Pi/12 to Pi/2 by 0.01;
```

```
        if beta > 0 then K = 0.5/sin(beta);
```

```
        output;
```

```
    end;
```

```
run;
```

```
data dif; /* Berechne den gemittelten Extinktionskoeffizienten für diffuse  
Strahlung = über die Intensitäten aus den Richtungen beta gewichtetes  
Mittel */
```

```
    n = 0; /* Anzahl Richtungsklassen */
```

```
    sk_dif = 0; /* Summe der Exxtiktionskoeffizienten in der  
Schleife über die Richtungen in der letzte Zeile  
über die Richtungen gemittelter  
Extinktionskoeffizient */
```

```
    ssinb = 0; /* Summe des Sinus des Sonnenwinkels beta */
```

```
    B_b = -1; /* "negative"*/
```

```
    b_u = 0;
```

```
    b_s = 2;
```

```
    pi = 4*atan(1);
```

```
    I0=100; /* Summe der Strahlungsintensität aus allen Richtungen  
des oberen Halbraumes in % */
```

```
    dbeta = Pi/100; /* Breite einer Winkelklasse */
```

```

DO beta_h = dbeta to Pi/2 by dbeta; /* Integral über alle
                                   Vertikalwinkel von 0 - 90 °*/
    /* das Integral der Himmelsstrahlung über alle Winkel soll
    H ergeben: Annahme uniforme Strahlung, z.B. bei gleichmäßiger
    Bewölkung. */
    beta=beta_h*180/PI; /* Umrechnung von Bogenmaß in
                        Grad */
    sinb = sin(beta_h); /* Sinus des Sonnenwinkels =
                        relative Intensität*/
    I=I0*sinb; /* Strahlungsintensität aus
                Richtung beta in % */
    ssinb + sinb*dbeta; /* Inkrementiere ssinb um
                        sinb*dbeta. x+a; entspricht x = x + a;*/
    k_b=0.5*(1/sinb); /* Extinktionskoeffizient für
    direkte Strahlung aus Richtung beta Annahme sphärische
    Blattwinkelverteilung */
    sk_dif=sk_dif+ k_b*sinb*dbeta ;/* es werden immer 0.5*db
                                addiert da k_b + sinb = 0.5 */
    n+1;
    *output; /* entkommentieren, wenn die Einzelwerte
    gewünscht werden. */
end;
k_dif=sk_dif/(ssinb);/* der über die Intensitäten gewichtete
Extinktionskoeffizient für diffuse Strahlung */
/* k_dif2=0.5*n*dbeta/(ssinb);**/* der nicht über die Intensitäten
gewichtete Extinktionskoeffizient für diffuse Strahlung */
*output;
*drop n;
run;

/* Der Extinktionskoeffizient für diffuse uniforme Strahlung ist ca. 0.75
*/

/* Macro */

%macro beer_PS(oset,lai,beta,F_PAR_b, F_PAR_d);
/*
Oset: Ausgabedatensatz
beta: Sonnenhöhenwinkel in °
FPar_b: direkte PAR-Flussdichte µE/(m²s)
FPar_d: diffuse PAR-Flussdichte µE/(m²s)
LAI: Blattflächenindex

```

```

*/
DATA &oset;
retain sum_pl; /* die Photosyntheseraten werden über die
                verschiedene Blattwinkelklassen einer
                Schicht aufsummiert */
retain sum_NPc 0 sum_Pc 0 sum_RD 0; /* Photosyntheseraten, die
                kumulativ über die Blattfläche

                aller Schichten aufsummiert werden.
                Initialisierung mit 0 */
                /* Konstanten: */

pi = 4*atan(1);

                /* Photosyntheseparameter: Leverenz & Jarvis, 1981
                Sonnennadeln der Sitkafichte */
theta=0.7;
alpha=0.048;
Rd = 1.6; /*Dunkel-Respiration CO2-Abgabe pro m² Blattfläche */
p_max=12; /* Sättigungswert der Brutto-Photosynthese */

                /* Randbedingungen */
Lai=&LAI; /* Blattflächenindex m² proj. Blattfläche / m²
Grundfläche */
beta=&beta*pi/180; /* im Bogenmaß Sonneninkinationswinkel
bezogen auf die Grundfläche */
sinb = sin(beta);
f_par_b0=&F_PAR_b; /* direkte Einstrahlung außerhalb des
Kronenraumes b für "beam"*/
f_par_d0=&F_PAR_d; /* diffuse Einstrahlung außerhalb des
Kronenraumes */

fl=0.1; /* Blattflaeche pro Schicht in m²*/

                /*Extinktionskoeffizient für diffuse Strahlung */
k_d = 0.75;
                /*Extinktionskoeffizient für direkte Strahlung */
k_b = 0.5*(1/sinb);

                /* Schleife über (LAI-1)/fl Kronenschichten */
DO L=fl/2 TO (lai-fl) BY fl; /* L ist die kumulative Blattfläche
über der betrachteten Schicht */
                /* Lambert Beer'sches Gesetz:

```

F_{par} ist die über die Grundfläche gemittelte PAR nach Passage einer einer kumulativen Blattfläche von L.

Die Extinktion ($=\exp(-0.5*(1/\sin(\beta))^*1)$) sagt uns, dass die Schattenfläche im Vergleich zur Grundfläche entsprechend mit zunehmendem L größer wird.

F_{par} ist tatsächlich ein Mittelwert, dem Modell zufolge

ist es aber so, dass wir in einem Teil des Querschnittes

totalen Schatten haben und in dem Rest die volle Sonneneinstrahlung. Dies ist wichtig zu

unterscheiden, wenn die Photosynthese berechnet werden soll, da diese nicht-linear von der Strahlung abhängt.*/

/* Diffuse Strahlung */

F_PAR_d= f_par_d0*exp(-k_d*1);/* Diffuse

Strahlung

Annahme uniform overcast sky */

/* Brutto-Photosynthese der Blätter, die nur diffuse Strahlung erhalten */

a=f_par_d*alpha+p_max; /* Hilfsvariable */

gpr_d=(a-sqrt(a**2-4*f_par_d*alpha*p_max*theta))/(2*theta);

/*µmol CO2/(m²s)*/

f_par_b=f_par_b0 * exp(-k_b*1);/* gemittelte direkte PAR-Flussdichte µE/(m²s)*/

f_b=fl*exp(-k_b*1); /* Blattfläche einer Schicht, die direkt bestrahlt ist */

/* Initialisierung der Summenvariablen für die Schleife über die Blattwinkel */

sum_pl=0;

/* Schleife über die Blattwinkel (beta_1), da die Intensität der Strahlung von beta_1 abhängt, mit dem sie auf die Blätter auftrifft. Es gilt: F_{par} = F_{par0} * sin(beta_1) */

DO beta_1 = Pi/80 to Pi/2 by Pi/40 ;

/* direkte Strahlung Photonenflussdichte in der Winkelklasse */

```

        sin_delta= sin(abs(beta_1-beta));/* Sinus des
Winkels zwischen Strahlung und Blattoberfläche*/
        f_par=f_par_b0*sin_delta+ F_PAR_d; /* PAR-Flussdichte
                                                auf dem Blatt */
        /* Lichtantwortfunktion: Nicht rechtwinklige
        Hyperbel, Thornley, 1976 */
        a=f_par*alpha+p_max; /* Hilfsvariable */

gpr_b=(a-sqrt(a**2-4*f_par*alpha*p_max*theta))/(2*theta); /*Brutto-
Photosynthese pro m**2 Blattfläche */
        /* Berechnung der Photosynthese pro Schicht und
        Winkelklasse */
        GPR_b=GPR_B*f_b/20;/*Brutto-Photosyn. pro 1/20
bestrahlter Fläche :1/20 wg. 20 Winkelklassen mit je 1/20 der Blattfläche
der sonnenbeschienenen Blätter */
        sum_pl=sum_pl+GPR_b;
end;

        /* Raten für die jeweilige Schicht */
        GPR_B = sum_pl;/* Bruttphotosynthese der
        sonnenbeschienenen Blätter */
        GPR_d=GPR_d*FL*(1-f_b/FL);/*
Bruttphotosynthese
        der beschatteten Blätter */
        GPR = GPR_b + GPR_d; /* Bruttphotosynthese */
        F_Par=F_PAR_b + F_PAR_d; /* PAR-Flussdichte */
NPR = GPR - Rd * FL;/* Nettophotosynthese, Blätter
        betreiben mit unterschiedlicher Rate Photosynthese,
        alle Blätter der Schicht atmen mit der selben Rate. */
        RDr=-RD*FL;          /* Dunkelatmung */

        /* kumulative Raten bis zur Schicht*/
sum_GPR + GPR;
sum_NPR + NPR;
sum_RD + (-RD*FL);
OUTPUT;
END;
drop pi a sum_pl beta_1 sin_delta ;
run;
%mend;

```



```
/* beer_PS(ose,t,lai,beta,F_PAR_b, F_PAR_d);*/
```

```
/*GIF Dateien erzeugen*/
```

```
%beer_PS(beer_PS,4,20,100,100);
```

```
filename fileref "F:\ppoek\Eigene Übungen\Übung 8\Neuer  
Ordner\04\S401.gif";
```

```
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace  
htext = 1.3;
```

```
proc gplot data=beer_PS;
```

```
plot (GPR NPR Rdr)*1/overlay haxis = axis1 vaxis = axis2 legend;
```

```
run;
```

```
quit;
```

```
filename fileref "F:\ppoek\Eigene Übungen\Übung 8\Neuer  
Ordner\04\S402.gif";
```

```
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace  
htext = 1.3;
```

```
proc gplot data=beer_PS;
```

```
plot (GPR GPR_b GPR_d)*1/overlay haxis = axis1 vaxis = axis2  
legend;
```

```
run;
```

```
quit;
```

```
filename fileref "F:\ppoek\Eigene Übungen\Übung 8\Neuer  
Ordner\04\S403.gif";
```

```
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace  
htext = 1.3;
```

```
proc gplot data=beer_PS;
```

```
plot (F_PAR F_par_b F_PAR_d) * 1/overlay haxis = axis1 vaxis =  
axis2 legend;
```

```
run;
```

```
quit;
```

```
filename fileref "F:\ppoek\Eigene Übungen\Übung 8\Neuer  
Ordner\04\S404.gif";
```

```
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace  
htext = 1.3;
```

```
proc gplot data=beer_PS;
```

```
plot (sum_GPR sum_NPR sum_RD) * 1/overlay haxis = axis1 vaxis =  
axis2 legend;
```

```

run;
quit;

%beer_PS(beer_PS,4,51,100,100);

filename fileref "F:\ppoek\Eigene Übungen\Übung 8\Neuer
Ordner\04\S201.gif";
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace
htext = 1.3;
proc gplot data=beer_PS;
  plot (GPR NPR Rdr)*1/overlay haxis = axis1 vaxis = axis2 legend;
run;
quit;

filename fileref "F:\ppoek\Eigene Übungen\Übung 8\Neuer
Ordner\04\S202.gif";
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace
htext = 1.3;
proc gplot data=beer_PS;
  plot (GPR GPR_b GPR_d) *1/overlay haxis = axis1 vaxis = axis2
legend;
run;
quit;

filename fileref "F:\ppoek\Eigene Übungen\Übung 8\Neuer
Ordner\04\S203.gif";
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace
htext = 1.3;
proc gplot data=beer_PS;
  plot (F_PAR F_par_b F_PAR_d) * 1/overlay haxis = axis1 vaxis =
axis2 legend;
run;
quit;

filename fileref "F:\ppoek\Eigene Übungen\Übung 8\Neuer
Ordner\04\S204.gif";
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace
htext = 1.3;
proc gplot data=beer_PS;
  plot (sum_GPR sum_NPR sum_RD) * 1/overlay haxis = axis1 vaxis =
axis2 legend;
run;
quit;

```

```
%beer_PS(beer_PS_S,4,51,1400,200);
```

```
filename fileref "F:\ppoek\Eigene Übungen\Übung 8\Neuer  
Ordner\04\S301.gif";  
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace  
htext = 1.3;  
proc gplot data=beer_PS_S;  
  plot (GPR NPR Rdr)*1/overlay haxis = axis1 vaxis = axis2 legend;  
run;  
quit;
```

```
filename fileref "F:\ppoek\Eigene Übungen\Übung 8\Neuer  
Ordner\04\S302.gif";  
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace  
htext = 1.3;  
proc gplot data=beer_PS_S;  
  plot (GPR GPR_b GPR_d) *1/overlay haxis = axis1 vaxis = axis2  
legend;  
run;  
quit;
```

```
filename fileref "F:\ppoek\Eigene Übungen\Übung 8\Neuer  
Ordner\04\S303.gif";  
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace  
htext = 1.3;  
proc gplot data=beer_PS_S;  
  plot (F_PAR F_par_b F_PAR_d) * 1/overlay haxis = axis1 vaxis =  
axis2 legend;  
run;  
quit;
```

```
filename fileref "F:\ppoek\Eigene Übungen\Übung 8\Neuer  
Ordner\04\S304.gif";  
goptions dev=gif733 gsfname=fileref ftext = complex gsfmode=replace  
htext = 1.3;  
proc gplot data=beer_PS_S;  
  plot (sum_GPR sum_NPR sum_RD) * 1/overlay haxis = axis1 vaxis =  
axis2 legend;  
run;  
quit;
```

```

/* %beer_PS(beer_PS_B,10,51,0,280);
/*proc insight data=beer_PS_B;
  line GPR NPR Rdr*1;
  line GPR GPR_b GPR_d *1;
  line F_PAR F_par_b F_PAR_d * 1;
  line sum_GPR sum_NPR sum_RD * 1;
run;

quit;*/
%beer_PS(beer_PS_B,10,51,0,320);
symbol1 i = join v=none c = green;
symbol2 i = join v=none c = red;
symbol3 i = join v=none c = blue;
proc gplot data=beer_PS_B;
  plot (GPR NPR Rdr)*1/overlay vref=0 legend;
  plot (GPR GPR_b GPR_d) *1/overlay legend;
  plot (F_PAR F_par_b F_PAR_d) * 1/overlay legend;
  plot (sum_GPR sum_NPR sum_RD) * 1/overlay legend;
run;
quit;

%beer_PS(beer_PS_B,20,51,0,320);
%beer_PS(beer_PS_S,20,51,1400,200);

%beer_PS(beer_PS_B,20,51,0,320);
%beer_PS(beer_PS_S,20,51,320,0);

data comp;
  merge beer_PS_B (keep = L sum_GPR sum_NPR sum_RD
rename = (sum_GPR=sum_GPR_B sum_NPR=sum_NPR_b
sum_RD=sum_RD_b ))
  beer_PS_S (keep = L sum_GPR sum_NPR sum_RD rename =
(sum_GPR=sum_GPR_S sum_NPR=sum_NPR_S sum_RD=sum_RD_S
));
  by L;
run;
symbol1 i = join v=none c = green;
symbol2 i = join v=none c = green l = 3;
symbol3 i = join v=none c = red;
symbol4 i = join v=none c = red l = 3;

```

```

symbol5 i = join v=none c = blue;
symbol6 i = join v=none c = blue l = 3;
proc gplot data=comp;
  plot (sum_GPR_B sum_GPR_S sum_NPR_B sum_NPR_S sum_RD_B
sum_RD_S ) * l/overlay legend vref=0;
run; */

```

3. Ergebnisse

Wir haben uns bei der Betrachtung auf 3 Szenarien konzentriert. Bei den drei Szenarien wurden die folgenden Werte verwendet.

Szenario 1 lai = 4
 Beta = 20
 F_PAR_b = 100
 F_PAR_d = 100

Szenario 2 lai = 4
 Beta = 51
 F_PAR_b = 100
 F_PAR_d = 100

Szenario 3 lai = 4
 Beta = 51
 F_PAR_b = 1400
 F_PAR_d = 200

lai = Blattflächenindex

Beta = Sonnenhöhenwinkel

F_PAR_b = direkte PAR-Flussdichte

F_PAR_d = diffuse PAR-Flussdichte

Die Blattflächenindizes wurden gemäß der Aufgabenstellung von 10 auf **4 m²/m²** im SAS-Code geändert.

Szenario 1

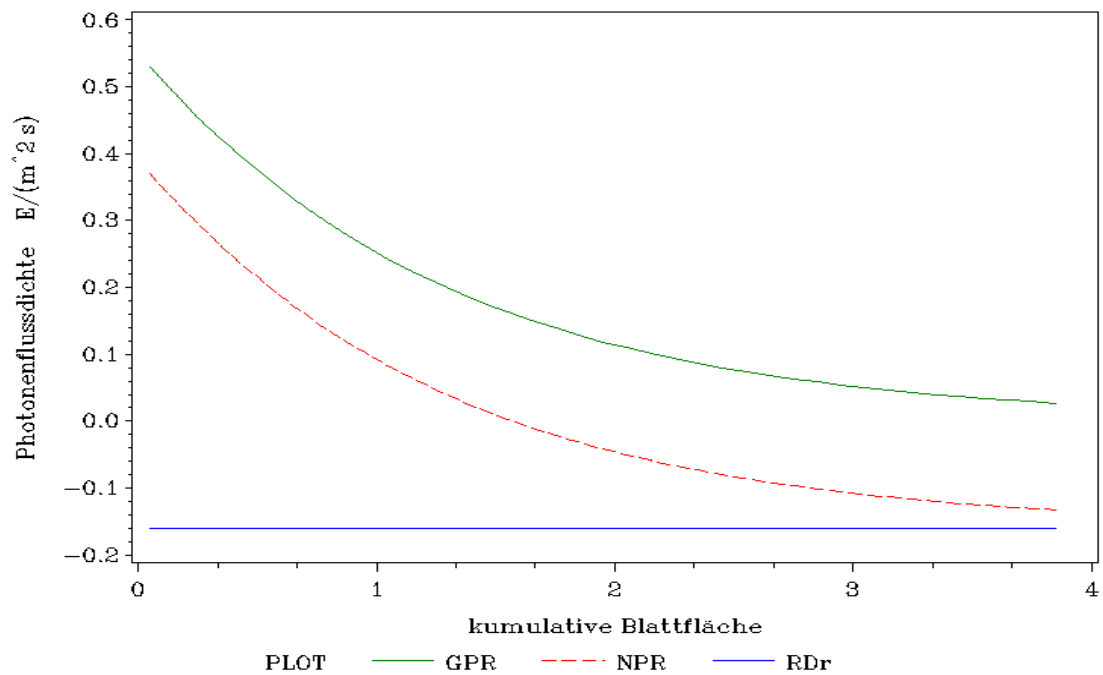


Abbildung 1 : Bruttophotosynthese (GPR), Nettophotosynthese (NPR) und Dunkelatmung (RDr) bei kumulativer Blattfläche

Szenario 2

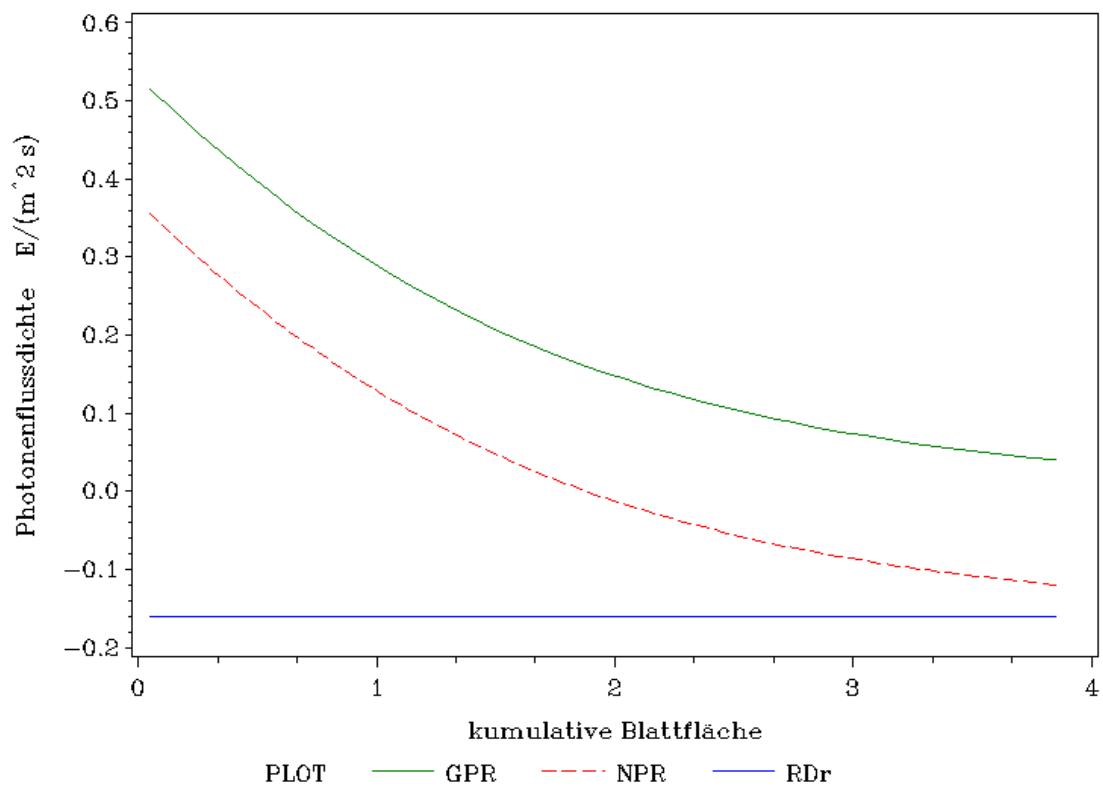


Abbildung 2 : Bruttophotosynthese (GPR), Nettophotosynthese (NPR) und Dunkelatmung (RDr) bei kumulativer Blattfläche

Szenario 3

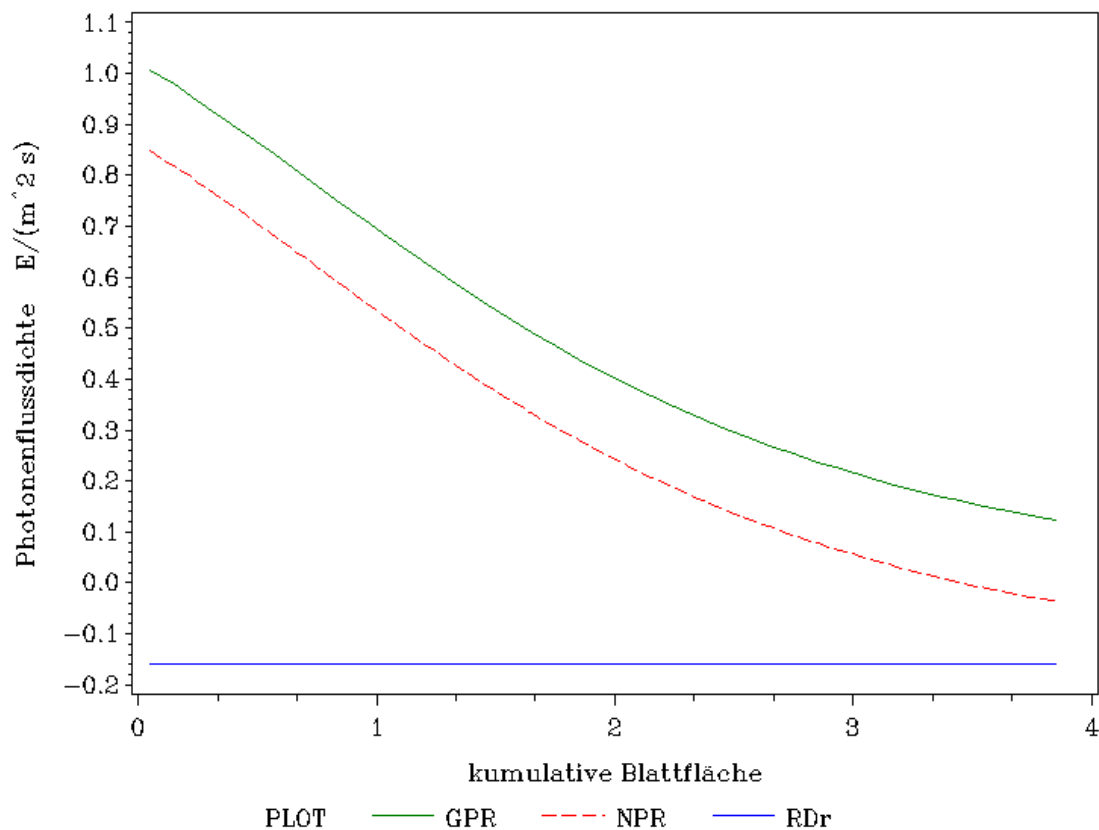


Abbildung 3 : Bruttophotosynthese (GPR), Nettophotosynthese (NPR) und Dunkelatmung (RDr) bei kumulativer Blattfläche

Die Abbildungen 1,2 und 3 für die jeweiligen Szenarien zeigen den Verlauf der Bruttophotosynthese, Nettophotosynthese und er Dunkelatmung bei kumulativer Blattfläche und dabei sehr ähnliche Ergebnisse. Der Graph der Dunkelatmung liegt bei allen Szenarien konstant bei $-0,16 \mu\text{mol CO}_2 \text{ pro m}^2 \cdot \text{s}$. Dieser Wert wird durch eine Vorgabe im SAS-Code erzeugt. Die Graphen der Brutto- und Nettophotosynthese haben in allen Szenarien bei einer kumulativen Blattfläche von 0 ihre Maximalwerte und fallen dann mit steigender kumulativer Blattfläche exponentiell ab. Die Szenarien 1 und 2 sind fast identisch während im dritten Szenario höhere Maximalwerte herrschen.

Szenario 1

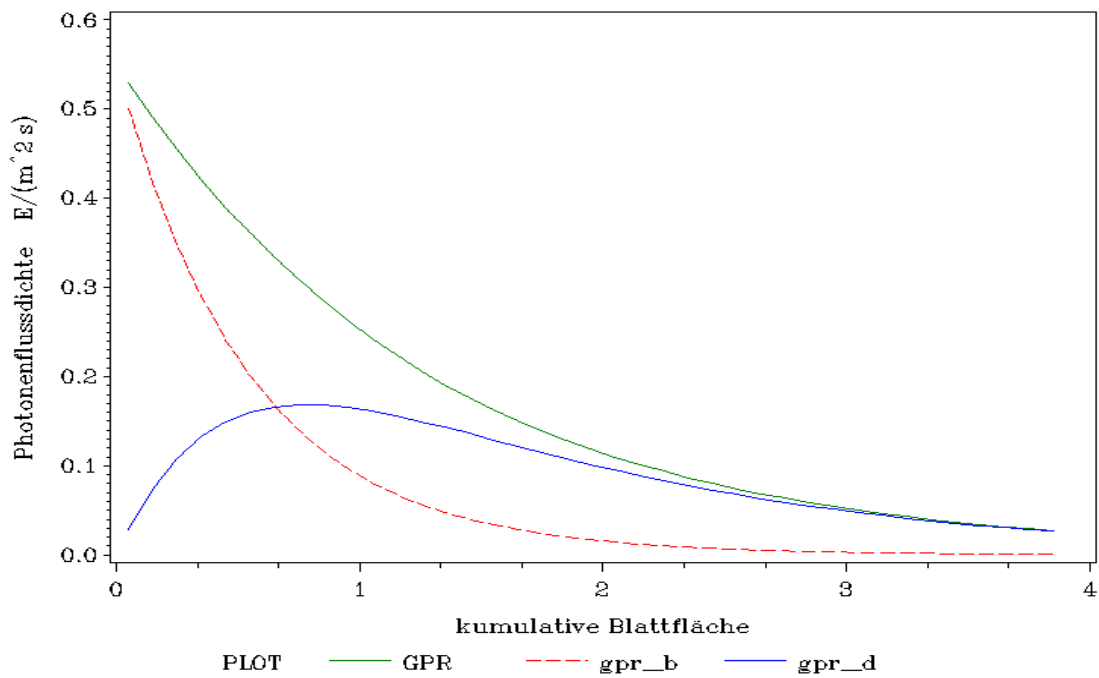


Abbildung 4 : Bruttphotosynthese (GPR), Bruttphotosynthese der sonnenbeschienenen Blätter (gpr_b) und Bruttphotosynthese der beschatteten Blätter (gpr_d) bei kumulativer Blattfläche

Szenario 2

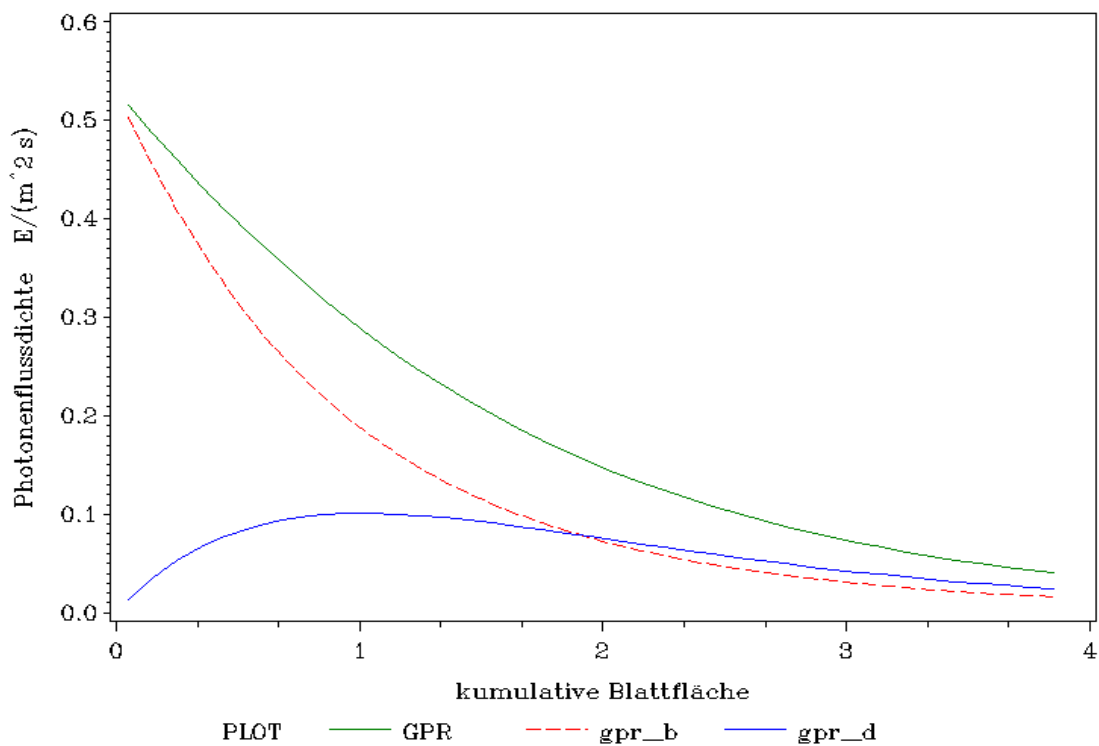


Abbildung 5 : Bruttphotosynthese (GPR), Bruttphotosynthese der sonnenbeschienenen Blätter (gpr_b) und Bruttphotosynthese der beschatteten Blätter (gpr_d) bei kumulativer Blattfläche

Szenario 3

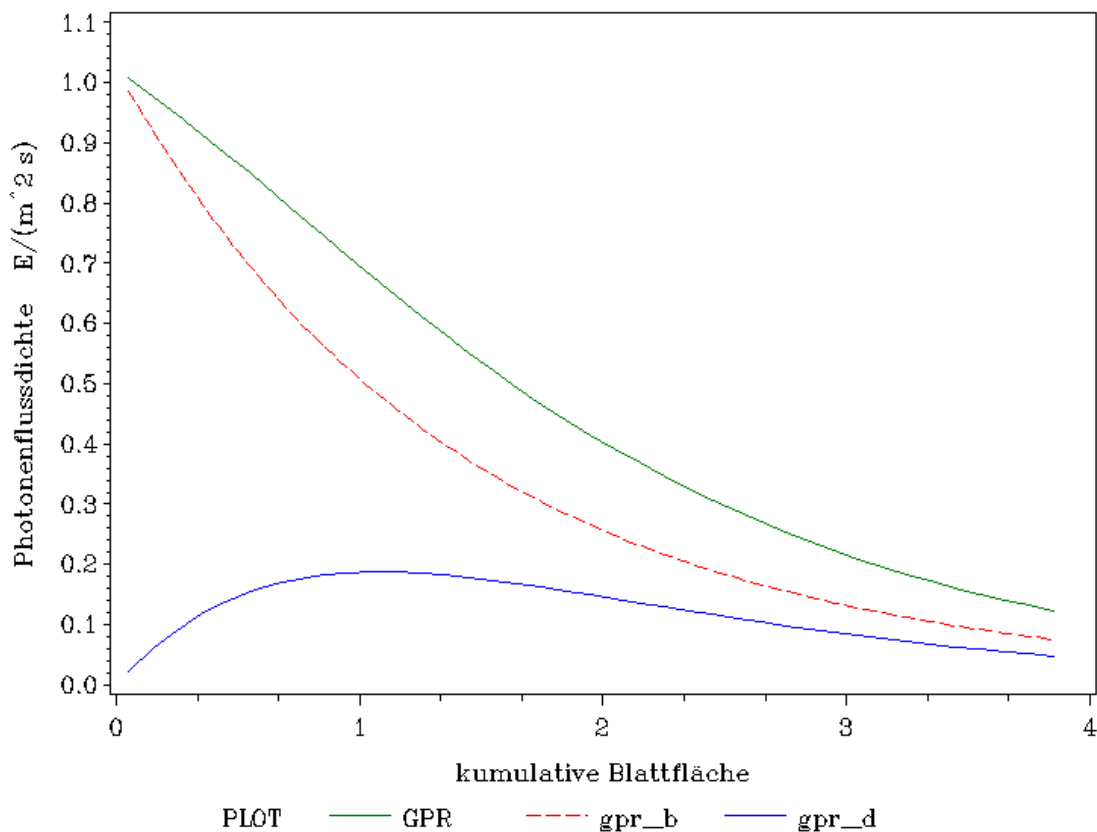


Abbildung 6 : Bruttophotosynthese (GPR), Bruttophotosynthese der sonnenbeschienenen Blätter (gpr_b) und Bruttophotosynthese der beschatteten Blätter (gpr_d) bei kumulativer Blattfläche

Die Abbildungen 4,5 und 6 zeigen für die jeweiligen Szenarien die Bruttophotosynthese, die Bruttophotosynthese der sonnenbeschienenen Blätter und die Bruttophotosynthese der beschatteten Blätter bei kumulativer Blattfläche. Bei allen Szenarien beginnt der Graph der Bruttosynthese bei seinem Maximalwert und sinkt mit steigender kumulativer Blattfläche. Dasselbe gilt für die Graphen der Bruttophotosynthese der sonnenbeschienenen Blätter in den drei Szenarien.

Die Graphen der Bruttophotosynthese der beschatteten Blätter beginnen bei Werten um null und steigen kurz an, um dann abzufallen.

Vergleicht man die Szenarien untereinander stellt man fest, dass der Sonnenwinkel eine Rolle bei der Verteilung der Anteile der sonnenbeschienenen und beschatteten Blätter an der Gesamtbruttophotosynthese hat. Im Szenario 1 mit einem Sonnenwinkel von 20 hat der Bruttophotosyntheseanteil der beschatteten Blätter einen höheren Anteil, ab einer gewissen kumulativen Blattfläche, an der Gesamtphotosynthese als der der sonnenbeschienenen Blätter. Im Szenario 2 wo einzig der Sonnenwinkel (51) geändert wurde haben ab

einer gewissen kumulativen Blattfläche beide annähernd denselben Anteil an der Gesamtbruttophotosynthese.

Szenario 1

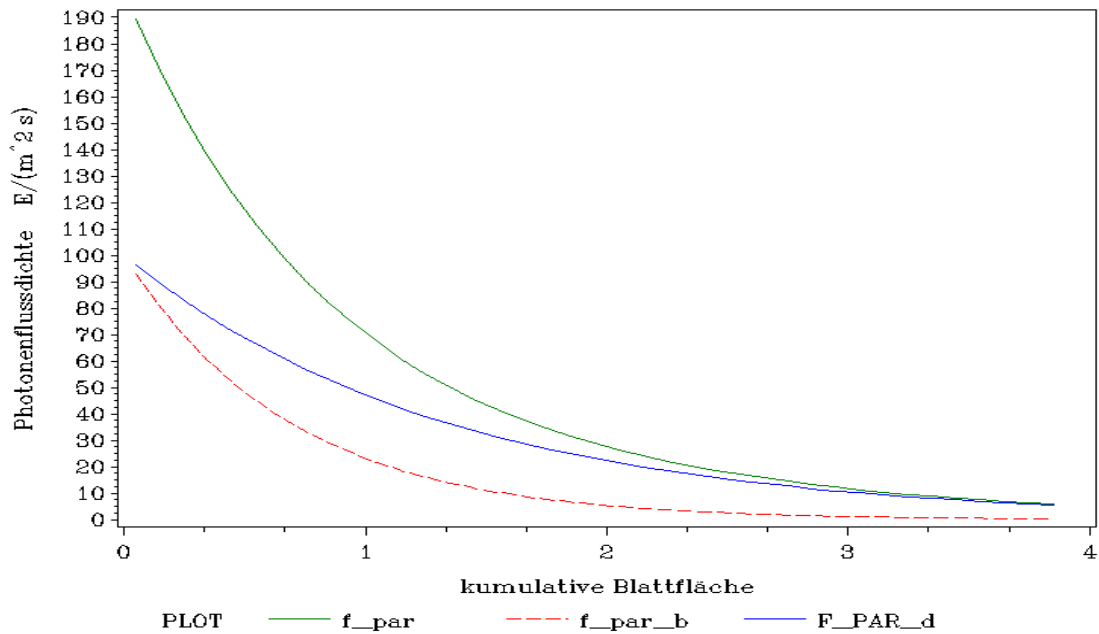


Abbildung 7 : Gesamte Photonflussdichte (f_{par}), Photonflussdichte der direkten Strahlung (f_{par_b}) und Photonflussdichte der diffusen Strahlung (F_{PAR_d}) bei kumulativer Blattfläche

Szenario 2

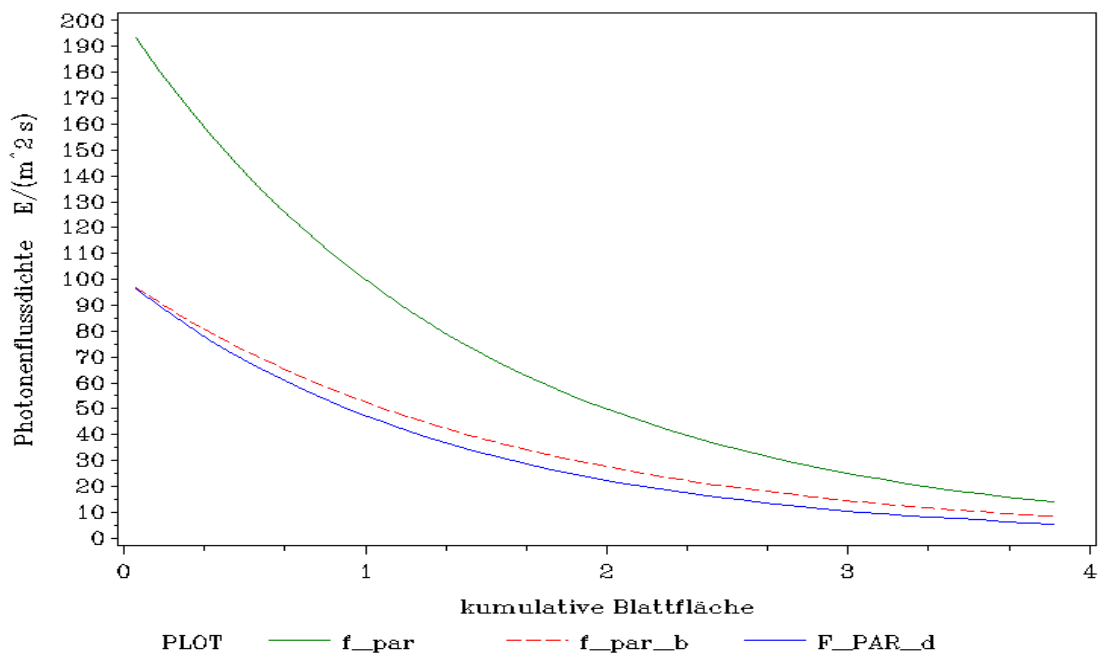


Abbildung 8 : Gesamte Photonflussdichte (f_{par}), Photonflussdichte der direkten Strahlung (f_{par_b}) und Photonflussdichte der diffusen Strahlung (F_{PAR_d}) bei kumulativer Blattfläche

Szenario 3

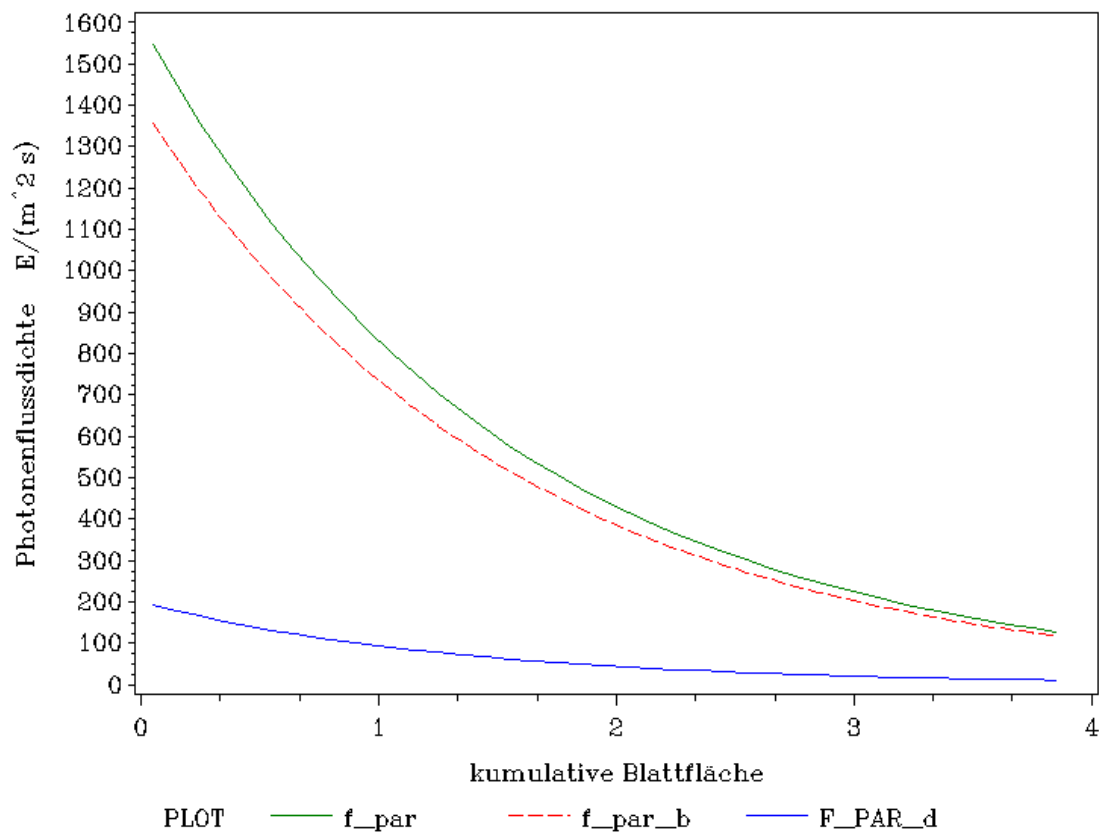


Abbildung 9 : Gesamte Photonenflussdichte (f_{par}), Photonenflussdichte der direkten Strahlung (f_{par_b}) und Photonenflussdichte der diffusen Strahlung (F_{PAR_d}) bei kumulativer Blattfläche

Die Abbildungen 7,8 und 9 zeigen die gesamte Photonenflussdichte, die Photonenflussdichte der direkten Strahlung und die Photonenflussdichte der diffusen Strahlung bei kumulativer Blattfläche. Die Kurven in allen drei Abbildungen haben einen ähnlichen Verlauf. Das im Szenario 3 die Kurven stark andere Werte annehmen liegt an den vorgegebenen Werten. Alle drei Abbildungen zeigen, dass mit steigender kumulativer Blattfläche die Photonenflussdichten abnehmen.

Vergleicht man die Szenarien 1 und 2 stellt man fest, dass bei einem kleinen Sonnenwinkel (Szenario 1) die Photonenflussdichte der direkten Strahlung deutlich schnell abnimmt als die der diffusen. Im Szenario 2, bei einem größeren Sonnenwinkel, nehmen beide Kurven gleich stark ab und sind von den Werten her fast identisch.

Szenario 1

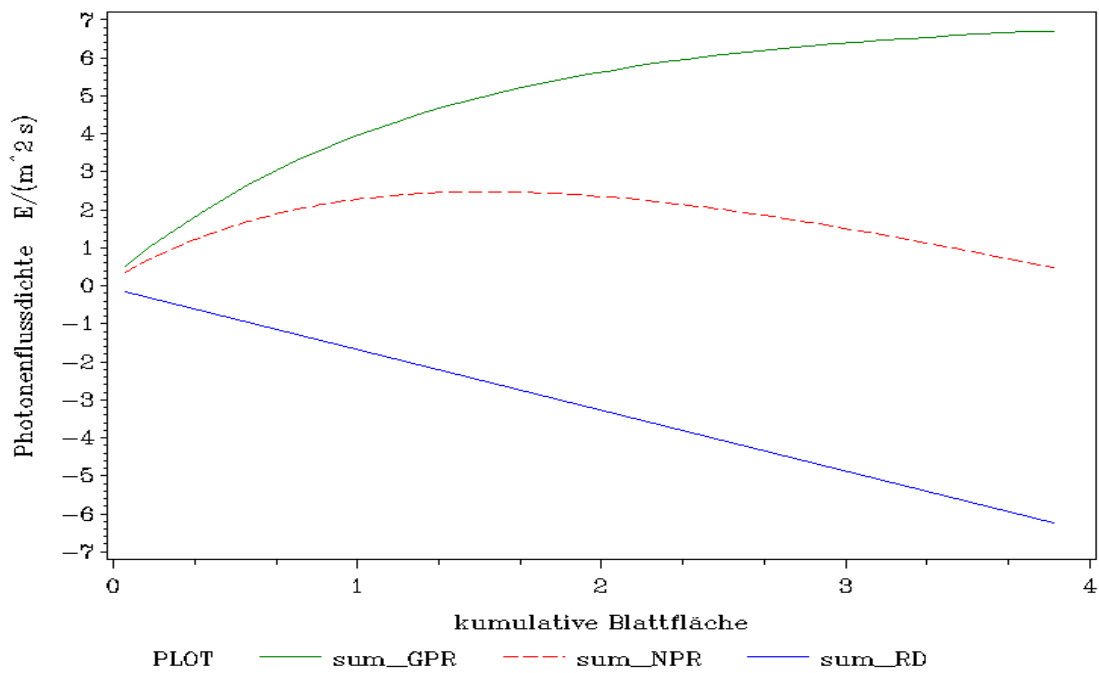


Abbildung 10 : Summen Bruttphotosynthese (sum_GPR), Nettphotosynthese (sum_NPR) und Dunkelatmung (sum_RD) bei kumulativer Blattfläche

Szenario 2

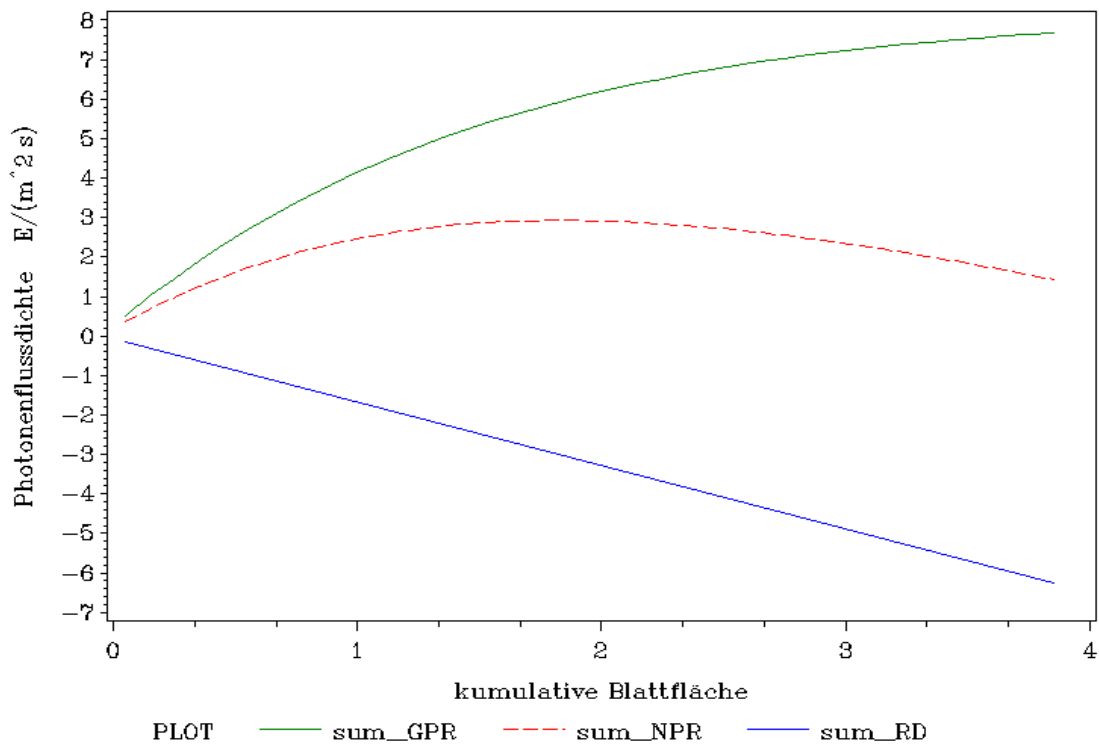


Abbildung 11 : Summen Bruttphotosynthese (sum_GPR), Nettphotosynthese (sum_NPR) und Dunkelatmung (sum_RD) bei kumulativer Blattfläche

Szenario 3

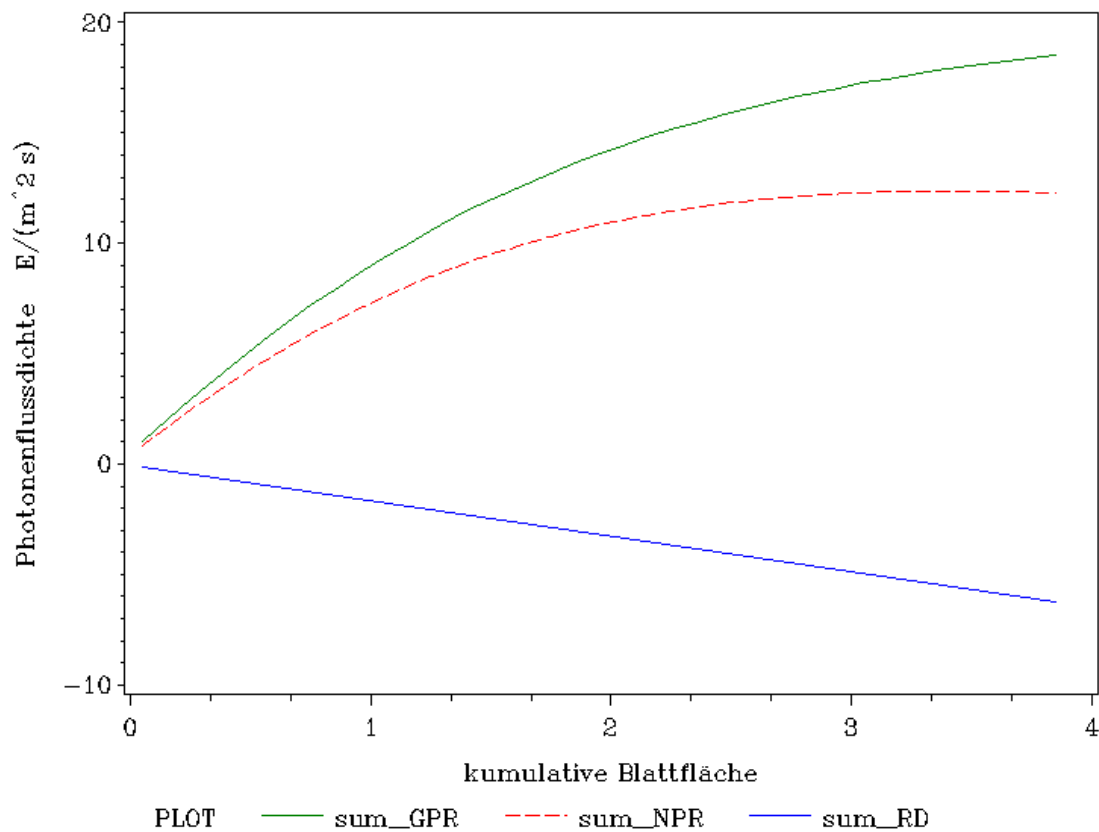



Abbildung 12 : Summen Bruttophotosynthese (sum_GPR), Summen Nettophotosynthese (sum_NPR) und Dunkelatmung (sum_RD) bei kumulativer Blattfläche

Die Abbildungen 10,11 und 12 zeigen die Summen der Brutto- und Nettophotosynthese und der Dunkelatmung bei kumulativer Blattfläche. Auch hier verlaufen die Kurven sehr ähnlich.

Die Kurven der Nettophotosynthese beginnen bei einem Wert um null und steigen dann an. Mit steigender kumulativer Blattfläche fallen die Kurven im weiteren Verlauf ab, jedoch bleiben sie im positiven Bereich. Die Kurven der Summen der Bruttophotosynthese beginnen auch um einen Wert von Null, steigen mit steigender kumulativer Blattfläche an und erreichen bei maximaler Blattfläche ihre Maximalwerte.

4. Diskussion

4.1 Welche Auswirkungen hat die Schichtdicke auf die Ergebnisse der Simulation?

Die Schichtdicke hat Auswirkungen auf die Ergebnisse der Simulation. Die Schichtdicke bestimmt wie viele Schichten im Modell berechnet werden. Eine Erhöhung der Schichtdicke hätte zur Folge, dass weniger Schichten berechnet würden, was wiederum einen Einfluss auf die Photosyntheseraten hätte. **Die Photosyntheseraten im unteren Bereich würden sich verringern und die in den oberen Schichten sich erhöhen (da mehr Blattfläche der direkten Strahlung ausgesetzt wäre).** 

4.2 Wie groß ist die relative PAR-Absorption in Abhängigkeit von LAI und Sonnenwinkel für diffuse und für direkte Strahlung?

Die relative PAR-Absorption ist direkt abhängig von dem LAI. Je höher der LAI ist desto mehr photosynthetisch aktive Strahlung kann absorbiert werden. Bei großen LAI wird also viel, bei kleinem LAI wenig photosynthetisch aktive Strahlung absorbiert. Zu bedenken dabei ist, dass mit steigendem LAI auch die Extinktion steigt. Dies bedeutet, dass weniger direkte Strahlung in tiefere Region gelangt.

Der Sonnenwinkel spielt bei der direkten Strahlung eine Rolle. Je kleiner der Sonnenwinkel wird, desto größer wird die Extinktion. Anders gesagt nimmt die beschattete Fläche mit größeren Winkeln ab, wodurch auch die Extinktion sinkt. Bei der diffusen Strahlung jedoch spielt der Sonnenwinkel keine Rolle (wie auch dem SAS Code zu entnehmen ist).

4.3 Welche Beziehungen sehen Sie zwischen LAI und Brutto-Photosynthese (GPR)?

Wie zuvor schon bemerkt, steigt mit steigendem LAI auch die PAR-Absorption. Steigt also die Blattmasse, so erhöht sich auch die Brutto-Photosynthese. Da jedoch, wie oben erwähnt, auch die Extinktion steigt, bekommen die unteren Schichten weniger direkte Strahlung und können daher nicht mehr so produktiv sein.

4.4 Welche Unterschiede bewirkt die diffuse Strahlung in der Beziehung zwischen GPR und LAI?

Die diffuse Strahlung wird in den unteren Bereichen effektiv genutzt. Bei steigenden LAI würde weniger Strahlung unten ankommen und somit die Photosyntheserate in den unteren Schichten sinken.



4.5 Welche Beziehungen sehen Sie zwischen LAI und Netto-Photosynthese?

Wenn der LAI steigt erhöht sich die Biomasse. Wie die Abbildungen 1,2 und 3 zeigen findet ab gewissen LAI Werten jedoch keine Nettphotosynthese mehr statt bzw. nimmt diese negative Werte an. Bei negativen Nettphotosyntheseraten würde der Baum Biomasse abstoßen und keine neue mehr bilden.

4.6 Welche Auswirkungen hätte eine Klumpung von Blattfläche auf die Ergebnisse der Simulationen?

Eine Klumpung der Blattfläche hätte die Auswirkung, dass mehr direkte Strahlung in die unteren Schichten gelangt. Gleichzeitig würde in der geklumpten Schicht weniger absorbiert werden können, da bei gleichen LAI eine geringe Fläche vorhanden wäre.



4.7 Was würde sich ändern, wenn die Blätter nicht schwarz wären?

Wie im Theorieteil erwähnt bedeuten schwarze Blätter, dass die Transmission und die Reflexion gleich null sind und die Absorption 1 (100%) beträgt. Ändert man nun die Annahme der schwarzen Blätter in normale Blätter, so müssten die Transmission und die Reflexion mit betrachtet werden. Diese beiden Blatteigenschaften würden Werte größer null annehmen und dadurch würde die diffuse Strahlung steigen (und somit die Photosynthese in den tieferen Schichten). Gleichzeitig würde die Absorption in der oberen Schicht sinken.

4.8 Fassen Sie die problematischen Vereinfachungen in dem Vorgehen zusammen.

Wie in 4.7 erläutert stellt die Annahme, dass es sich um schwarze Blätter handelt ein Problem da. Auch wurden nur eine „Art“ von Blättern betrachtet.

Weitere Annahmen stellten die Blattstellung und Verteilung da. Die Annahme einer homogenen Verteilung der Nadeln in der Kronenschicht und einer ausschließlich sphärischen Anordnung der Nadeln wird es in der Natur nicht gegeben.

5. Schlussfolgerung

Ziel dieser Übung war es die Photosyntheseraten einer Kronenschicht zu simulieren. Um dies auf möglichst unkomplizierte Art und Weise zu machen wurde mit einigen Annahmen gerechnet. Wie sich herausstellt lässt sich, trotz dieser Vereinfachungen, die Photosynthese gut darstellen.

