

Daisyworld

Peter Bützer

Inhalt

1	Eine kurze Theorie	1
2	Aufgabe.....	2
3	Simulation, Lösung (Typ 3), Systemdynamik	3
3.1	Annahmen.....	3
3.2	Simulationsdiagramm.....	3
3.3	Zeitdiagramm.....	4
3.4	Dokumentation (Gleichungen, Parameter).....	4
3.5	Folgerung.....	5

1 Eine kurze Theorie



Abbildung 1: Gänseblümchen (Daisies)

Das *Gaia-Prinzip* ist eine Hypothese, unsere Erde als Ganzes als Lebewesen zu betrachten¹. Diese Hypothese wurde vom Chemiker, Biophysiker und Mediziner James Lovelock und der der Mikrobiologin Lynn Margulis etwa um die Mitte der 1960er Jahre entwickelt und kann heute als Theorie gelten. Mit dem sehr einfachen Modell von *Daisyworld* haben die beiden einen Aspekt des Temperaturverhaltens anschaulich gemacht– Lovelock spricht bei diesem Modell klar von einer Karikatur von Gaia.

Daisyworld ist ein einfacher Modellplanet, der von nur zwei Sorten von Pflanzen bewachsen ist, nämlich von schwarzen und weissen Gänseblümchen (Daisies). Als Annahme wachsen diese Blumen bei Temperaturen zwischen 5° C und 40°C mit einem Optimum bei ca. 22°C. Sie konkurrieren dabei um dieselbe Fläche. Der unbewachsene Teil hat, ebenso, wie der bewachsene haben genügend Wasser, Luft und Nährstoffe für das Wachstum.



Abbildung 2: Viel Weiss und viel Lichtreflektion mit vielen Gänseblümchen



Abbildung 3: Viel Schwarz und viel Lichtabsorption mit vielen Gänseblümchen

¹ Lovelock James E., GAIA, Die Erde ist ein Lebewesen, Scherz Verlag, Bern/München/Wien, 1992, 2.Auflage

Energie bezieht dieser Modellplanet einzig und allein von seiner Sonne. Die Oberfläche reflektiert einen Teil vom einfallenden Licht, abhängig vom Bewuchs - genau genommen von der *Albedo*². Der Daisyworld gelingt es, ihre Temperatur einigermaßen konstant zu halten. Das geschieht dadurch, dass die weissen Gänseblümchen bei stärkerer Lichteinstrahlung gegenüber den schwarzen einen Wachstumsvorteil haben, weil sie nicht so heiss werden. Dabei reflektieren sie viel Licht und die Temperatur des Modellplaneten steigt nicht an. Bei schwacher Lichteinstrahlung sind die schwarzen im Vorteil, weil sie die wenige Energie besser nutzen können um nahe an das Optimum der Temperatur von 22°C zu erreichen – sie erreichen eine grössere Temperaturzunahme.

Daisyworld ist eine fiktive Welt, die veranschaulicht, wie sich ein System ohne planende Instanz selbst regulieren könnte.

Damit liegt ein natürliches *Regelsystem* vor, bedingt durch die *negative Rückkopplung* über die sich verändernde Albedo.

- Je stärker die Einstrahlung, desto mehr weisse Gänseblümchen (grössere Albedo), was zu mehr Energie-Reflektion und damit zu tieferer Temperatur führt.
- Je schwächer die Einstrahlung, desto mehr schwarze Gänseblümchen (kleinere Albedo), was zu mehr Energie-Absorption und damit zu höherer Temperatur führt.

Der Modellplanet regelt sich somit, je nach Einstrahlung, selbständig auf eine mittlere Temperatur ein.

2 Aufgabe

Man versuche die Daisyworld mit einem sehr einfachen Modell zu simulieren.

- Die weissen Gänseblümchen wachsen besser mit starker Lichteinstrahlung,
- die schwarzen Gänseblümchen wachsen besser mit schwacher Lichteinstrahlung.

Die Fläche, welche unbewachsen, mit weissen oder mit schwarzen Gänseblümchen bedeckt ist, sollte sich in Funktion der Lichteinstrahlung ändern.

² Weisser Planet: Albedo =1, schwarzer Planet: Albedo =0, grauer Planet: $0 < \text{Albedo} < 1$.

3 Simulation, Lösung (Typ 3)³, Systemdynamik

3.1 Annahmen

- Die von den weissen Gänseblümchen bedeckte Fläche wird als weisse Fläche, die von den schwarzen als schwarze Fläche betrachtet.
- Die Albedo sind: weiss: $r_w = 0.8$, grau: $r_u = 0.3$, schwarz: $r_s = 0.1$.
- Die Fläche, welche nicht von Gänseblümchen bedeckt ist, ist grau.
- Die Wachstumsraten (v_{tw} , v_{ts}) sind viel langsamer als die Sterberaten (v_{wt} , v_{st}).
- Die Energie-Einstrahlung folgt einer Sinus-Kurve mit einer Periode von 12 Monaten (Jahreszeiten).

3.2 Simulationsdiagramm

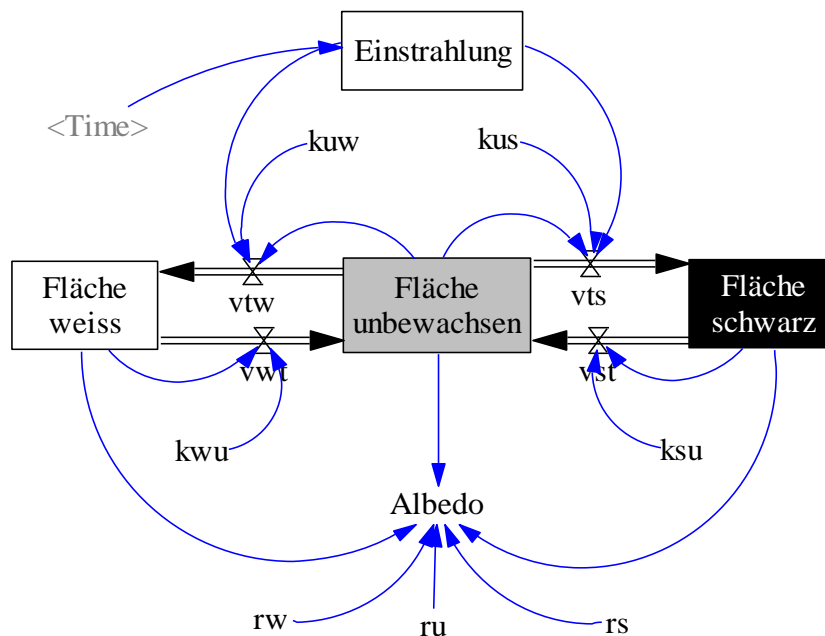


Abbildung 4: Simulationsdiagramm der Daisyworld mit weissen und schwarzen Daisies und einem "grauen" Boden (Software Vensim © PLE⁴)

Das Diagramm zeigt die Kopplungen und die Rückkopplungen der verschiedenen dunklen resp. hellen Flächen.

³ Bützer Peter, Roth Markus, Die Zeit im Griff, Systemdynamik in Chemie und Biochemie, verlag pestalozzianum, Zürich 2006, S. 50

⁴ Vensim © PLE, Simulationssoftware, Ventana Systems Inc., 60 Jacob Gates Road, Harvard, MA 01451, <http://www.vensim.com/download.html>, 2007-12-12

3.3 Zeitdiagramm

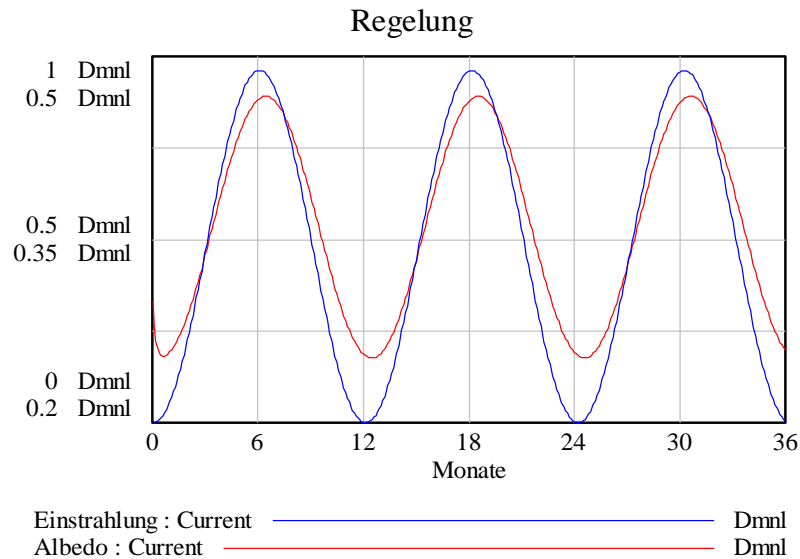


Abbildung 5: Zeitdiagramm der Einstrahlung und der dazu verzögerten Albedo

Folgerung:

Eine starke Einstrahlung führt zu einer grossen Albedo (→ viel Weiss → starke Rückstrahlung → weniger Energieaufnahme → tiefere Temperatur).

3.4 Dokumentation (Gleichungen, Parameter)

- (01) Albedo= $rw \cdot \text{Fläche weiss} + ru \cdot \text{Fläche unbewachsen} + rs \cdot \text{Fläche schwarz}$
 Units: Dmnl [0,?]
- (02) Einstrahlung= $\text{INTEG}(\text{SIN}(\text{Time} \cdot 0.52)/4, \quad 0)$
 Units: Dmnl [0,?]
- (03) FINAL TIME = 36
 Units: Month
 The final time for the simulation.
- (04) Fläche schwarz= $\text{INTEG}(\quad +vts-vst, \quad 0)$
 Units: m2 [0,?]
- (05) Fläche unbewachsen= $\text{INTEG}(vst+vwt-vts-vtw, 1)$
 Units: m2 [0,?]
- (06) Fläche weiss= $\text{INTEG}(vtw-vwt, \quad 0)$
 Units: m2 [0,?]
- (07) INITIAL TIME = 0
 Units: Month
 The initial time for the simulation.
- (08) $ksu = 2.8$
 Units: 1/Month [0,4]
 Absterben ca. 0.25 Monate → $k = 0.7/0.125 = 2.8$
- (09) $kus = 1.4$
 Units: 1/Month [0,1]
 Wachstum: ca. 1 Monat → $k = 0.7/0.5 = 1.4$
- (10) $kuw = 1.4$
 Units: 1/Month [0,2]
 Wachstum: ca. 1 Monat → $k = 0.7/0.5 = 1.4$
- (11) $kwu = 2.8$
 Units: 1/Month [0,4]
 Absterben ca. 0.25 Monate → $k = 0.7/0.125 = 2.8$
- (12) $rs = 0.1$
 Units: 1/m2 [0,?]
 Albedo für schwarze Gänseblümchen = 0.1 (wie Wald)

- (13) $ru = 0.3$
 Units: 1/m² [0,1]
 Reflexionsfaktor für mit Blumen unbewachsene Fläche (Wiese), Albedo=0.3 (helleres grau)
- (14) $rw = 0.8$
 Units: 1/m² [0,1]
 Reflexionsfaktor für weisse Fläche, Albedo=1 -> Gänseblümchen: 0.8
- (15) $SAVEPER = TIME\ STEP$
 Units: Month [0,?]
 The frequency with which output is stored.
- (16) $TIME\ STEP = 0.1$
 Units: Month [0,?]
 The time step for the simulation.
- (17) $vst = ksu * \text{Fläche schwarz}$
 Units: m²/Month [0,?]
- (18) $vts = kus * \text{Fläche unbewachsen} * (1 - \text{Einstrahlung})$
 Units: m²/Month [0,?]
 Die Schwarzen wachsen bei kleiner Einstrahlung besser.
- (19) $vtw = kuw * \text{Fläche unbewachsen} * (0.1 + \text{Einstrahlung})$
 Units: m²/Month [0,?]
 Die Weissen wachsen bei grosser Einstrahlung besser
- (20) $vwt = kwu * \text{Fläche weiss}$
 Units: m²/Month [0,?]

3.5 *Folgerung*

Die einfache Simulation zeigt, dass der „Gänseblümchen-Planet“ von Daisyworld die Energie-Abstrahlung der Energie-Einstrahlung mit einer negativen Rückkopplung selbstregulierend anpassen kann.

Dieses Modell lässt sich selbstverständlich fast unbeschränkt verfeinern, verbessern und ausbauen.