

Arbeitsmaterialien zu

Borer • Frommenwiler • Fuchs •
Knoll • Kopacsy • Maurer •
Schütz • Studer • Walker

PHYSIK

Ein systemdynamischer Zugang für die Sekundarstufe II

Strahlung und Optik

Modell ME

Autor: Hermann Knoll

Schule: HTW Chur

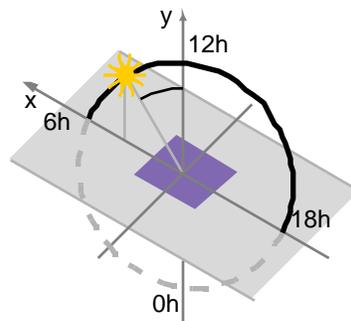
MODELL Solarpanel

Ein Solarpanel von 1 m^2 Fläche liegt am Äquator horizontal auf dem Boden und wird zum Frühlingsbeginn von der Sonne bestrahlt (siehe Kapitel 6.10 Ein dynamisches Modell). In der Simulation werden folgende Größen dargestellt:

- Temperatur des Panels T
- Umgebungstemperatur T_u
- Sonneneinstrahlung
- Absorptionsrate_der_Energie
- $IW_{\text{elektrisch}}$

LÖSUNG

Der Winkel θ stellt den Sonnenstand dar und ist eine linear wachsende Funktion der Zeit:



$$\text{Sonnenstand} = -\theta + \frac{2}{86400 \text{ s}} t$$

Die Sonneneinstrahlung berechnet sich bei einer Strahlungsleistung von 1000 W zu:

$$\text{Sonneneinstrahlung} = 1000 \text{ W} \cdot \cos(\text{Sonnenstand})$$

Für das Transmissions-Absorptionsprodukt $\tau \cdot \alpha$ gilt:

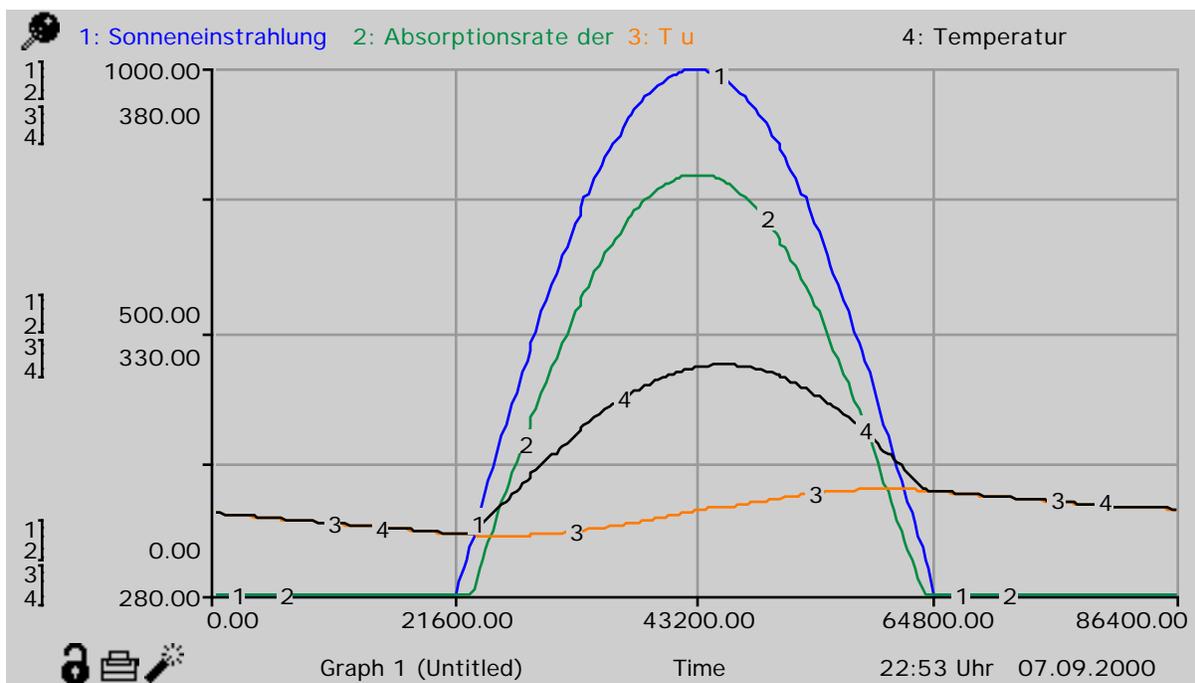
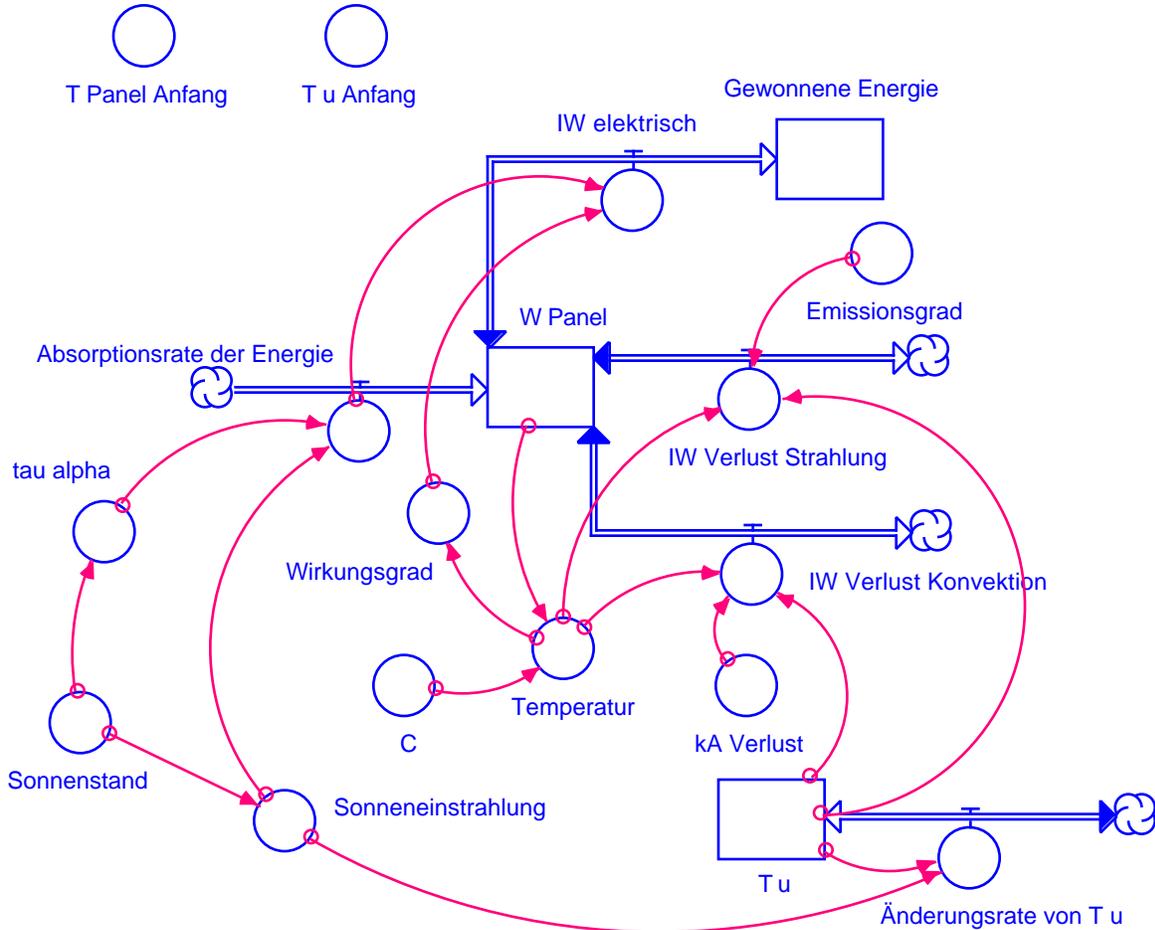
$$\tau \cdot \alpha = 1 - b \left(\frac{1}{\cos(\text{Sonnenstand})} - 1 \right) \tau \cdot \alpha_n$$

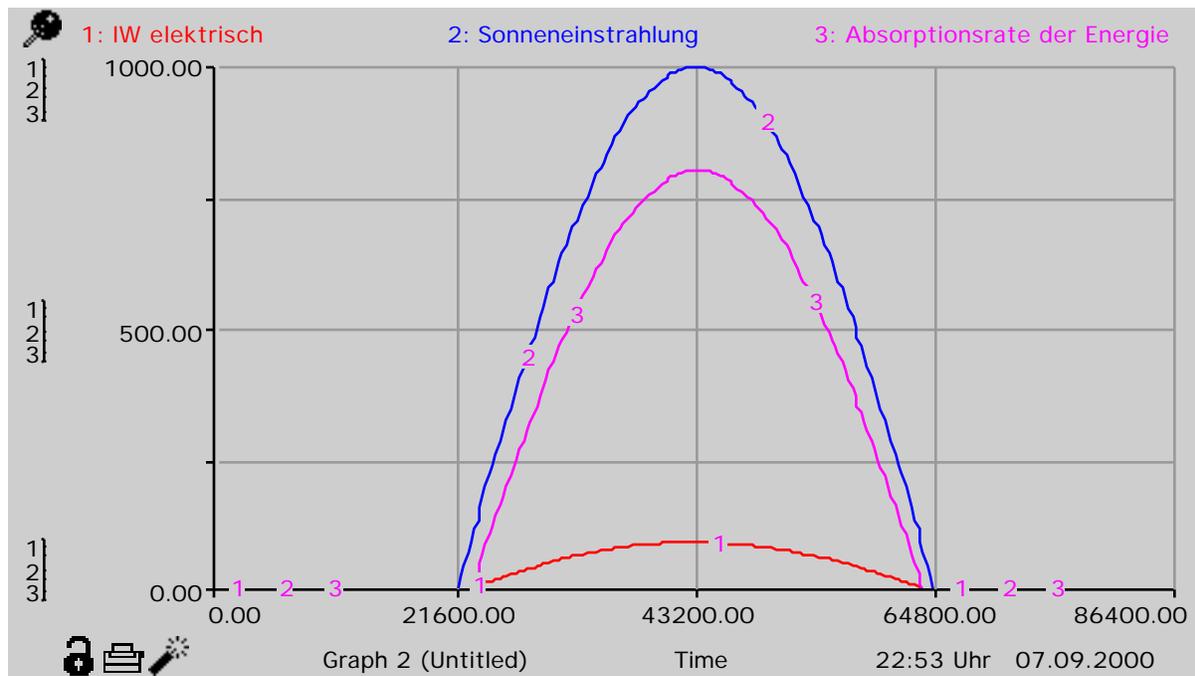
Dabei ist b eine kleine, experimentell zu bestimmende Zahl (hier $b = 0.1$).

Für den Wirkungsgrad η gilt:

$$\eta = \eta_0 - \mu(T - T_0), \quad \mu = 0.00050 \text{ K}^{-1}$$

DAS GESAMTMODELL (Lösung mit Stella)





$$\text{Gewonnene_Energie}(t) = \text{Gewonnene_Energie}(t - dt) + (\text{IW_elektrisch}) * dt$$

$$\text{INIT Gewonnene_Energie} = 0$$

INFLOWS:

$$\text{IW_elektrisch} = \text{Wirkungsgrad} * \text{Absorptionsrate_der_Energie}$$

$$T_u(t) = T_u(t - dt) + (\text{Änderungsrate_von_T_u}) * dt$$

$$\text{INIT } T_u = T_u_Anfang$$

INFLOWS:

$$\text{Änderungsrate_von_T_u} = (0.00205 * \text{Sonneneinstrahlung} - 0.0021 * T_u) / 3600$$

$$W_Panel(t) = W_Panel(t - dt) + (\text{Absorptionsrate_der_Energie} - \text{IW_Verlust_Strahlung} - \text{IW_elektrisch} - \text{IW_Verlust_Konvektion}) * dt$$

$$\text{INIT } W_Panel = C * T_Panel_Anfang$$

INFLOWS:

$$\text{Absorptionsrate_der_Energie} = \text{tau_alpha} * \text{Sonneneinstrahlung}$$

OUTFLOWS:

$$\text{IW_Verlust_Strahlung} = \text{Emissionsgrad} * 5.67e-8 * (\text{Temperatur}^4 - T_u^4)$$

$$\text{IW_elektrisch} = \text{Wirkungsgrad} * \text{Absorptionsrate_der_Energie}$$

$$\text{IW_Verlust_Konvektion} = kA_Verlust * (\text{Temperatur} - T_u)$$

$$C = 5000$$

$$\text{Emissionsgrad} = 0.88$$

$$kA_Verlust = 20$$

$$\text{Sonneneinstrahlung} = \text{IF}(1000 * \text{COS}(\text{Sonnenstand}) > 0) \text{ THEN } 1000 * \text{COS}(\text{Sonnenstand}) \text{ ELSE } 0$$

$$\text{Sonnenstand} = -\text{PI} + 2 * \text{PI} / 86400 * \text{TIME}$$

$$\text{tau_alpha} = \text{if}(1 - 0.1 * (1 / \text{cos}(\text{Sonnenstand}) - 1) > 0) \text{ THEN } (0.80 * (1 - 0.1 * (1 / \text{cos}(\text{Sonnenstand}) - 1))) \text{ ELSE } 0$$

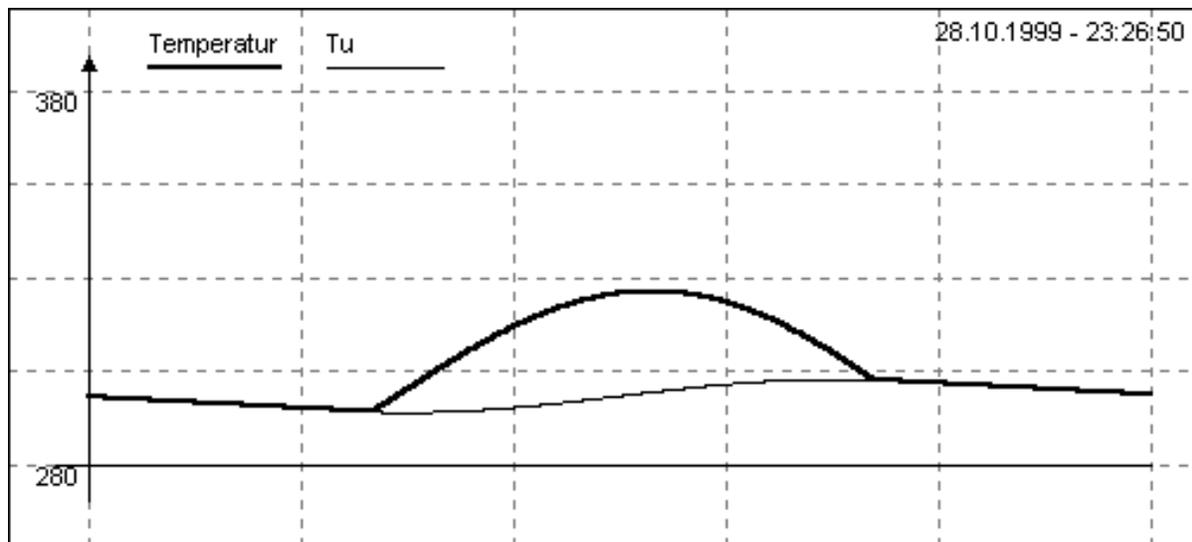
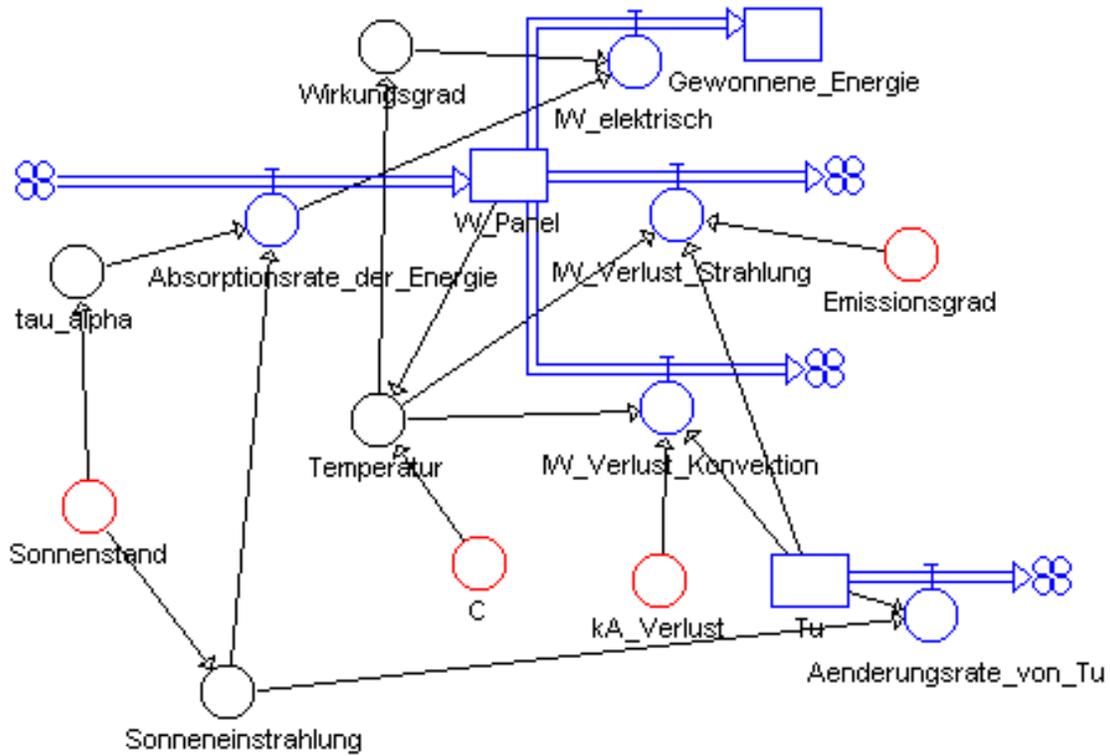
$$\text{Temperatur} = W_Panel / C$$

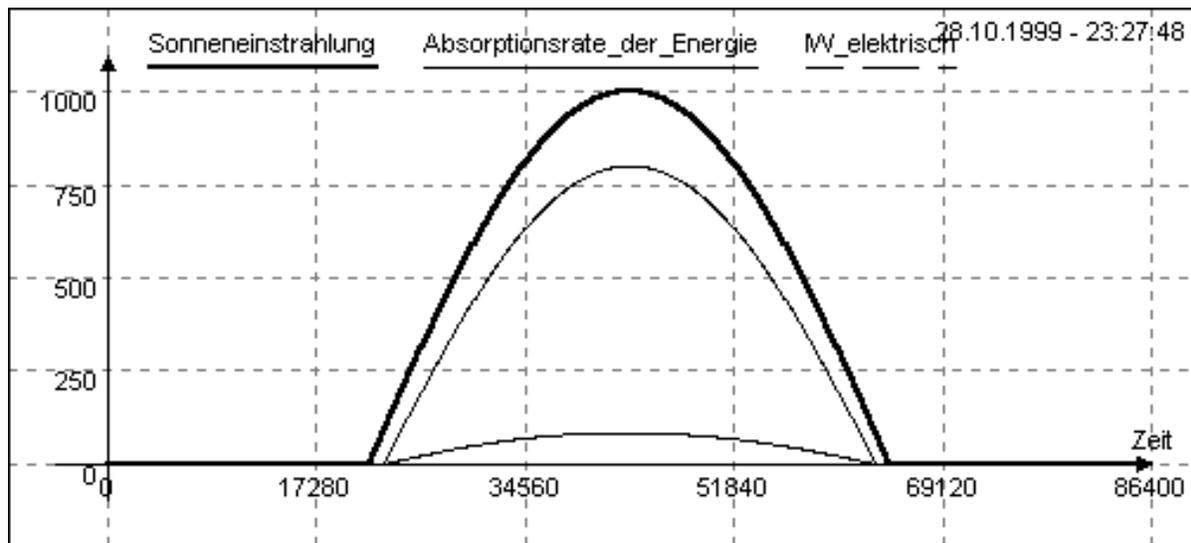
$$T_Panel_Anfang = 295$$

$$T_u_Anfang = 295$$

$$\text{Wirkungsgrad} = 0.12 - 0.00050 * (\text{Temperatur} - 295)$$

DAS GESAMTMODELL (Lösung mit Dynasys)





Zustandsgleichungen

```

Gewonnene_Energie.neu <-- Gewonnene_Energie.alt + dt*(IW_elektrisch)
Startwert Gewonnene_Energie = 0
W_Panel.neu <-- W_Panel.alt + dt*(Absorptionsrate_der_Energie-IW_Verlust_Strahlung-IW_elektrisch-
IW_Verlust_Konvektion)
Startwert W_Panel = 1490000
Tu.neu <-- Tu.alt + dt*(-Aenderungsrate_von_Tu)
Startwert Tu = 298
  
```

Zustands%nderungen

```

IW_Verlust_Strahlung = Emissionsgrad*5.669e-8*(Temperatur^4-Tu^4)
Absorptionsrate_der_Energie = tau_alpha*Sonneneinstrahlung
Aenderungsrate_von_Tu = -(0.00205*Sonneneinstrahlung-0.0021*Tu)/3600
IW_elektrisch = Wirkungsgrad*Absorptionsrate_der_Energie
IW_Verlust_Konvektion = (Temperatur-Tu)*kA_Verlust
  
```

Konstanten

```

C = 5000
Sonnenstand = -3.14+2*3.14/86400*Zeit
kA_Verlust = 20
Emissionsgrad = 0.88
  
```

Zwischenwerte

```

Temperatur = W_Panel/C
Sonneneinstrahlung = Wenn(cos(Sonnenstand)<0;0;1000*cos(Sonnenstand))
tau_alpha = wenn((1-0.1*(1/cos(Sonnenstand)-1))>0;0.80*(1-0.1*(1/cos(Sonnenstand)-1));0)
Wirkungsgrad = 0.12-0.00050*(Temperatur-298)
  
```