

## Übung: Energiebilanz eines Waldes

Berechnen Sie für einen Wald (siehe vorhergehende Folie) und die energetische Verwendung des Holzes die energetischen Jahres-Nutzungsgrade (= jährlicher Nutzen bzw. Output / jährlicher Aufwand bzw. Input)

- bis zur Bildung der Kohlenhydrate als Photosynthese-Produkte aus der Sonnenstrahlung
- bis zur Bildung des energetisch nutzbaren Holzes aus der Sonnenstrahlung

Das Holz kann in einem Heizungskessel zur Erzeugung von Wärme oder in einem Kraftwerk zur Erzeugung von Strom verbrannt werden. Berechnen Sie für den jeweiligen Gesamtprozess, ausgehend von der Sonneneinstrahlung, wiederum den Jahres-Nutzungsgrad für

- die erzeugte Wärme (Jahres-Nutzungsgrad des holzbefeuerten Heizungskessels = 90%)
- den erzeugten Strom (Jahres-Nutzungsgrad des holzbefeuerten Kraftwerkes = 40%)

Vergleichen Sie die berechneten Nutzungsgrade bei der Umwandlung von Solarstrahlung in Wärme und Strom über den (Um)Weg der Photosynthese mit üblicherweise erzielbaren Nutzungsgraden bei der Umwandlung der Sonnenstrahlung mit Hilfe thermischer Solaranlagen in Wärme und mit Hilfe von Photovoltaikanlagen in Strom!

Lösungen: 1,1 % und 0,275 % ; 0,2475 % und 0,11 %

1428

- Jahres-Nutzungsgrad der Photosynthese

$$\text{Energieinhalt der gebildeten Kohlenhydrate} = 2,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{a}} \cdot 15.900 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3.600 \text{ kJ}} = 11 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{a}}$$

$$\text{Jahres-Nutzungsgrad} = 11 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{a}) / 1000 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{a}) = 0,011 = 1,1 \%$$

- Jahres-Nutzungsgrad der „Produktion“ nutzbaren Holzes aus Solarstrahlung  
= Jahres-Nutzungsgrad der Photosynthese \* 0,25 = 1,1 % \* 0,25 = 0,275 %
- Gesamtnutzungsgrad der Wärme- und Stromerzeugung aus Solarenergie über den „Umweg“ der Holzproduktion im Vergleich zu den Nutzungsgraden der Solarthermie und der Photovoltaik

Wärme:

Solarenergie -> Biomasse -> Wärme: 0,275 % x 90 % = 0,2475 %

Solarenergie -> Wärme mit thermischen Solarkollektoren: ca. 50 %

Thermische Solarenergie ist rund 200 mal effizienter (unter Berücksichtigung von Abständen zwischen den Kollektoren etwa 100 mal effizienter)

Strom

Solarenergie -> Biomasse -> Strom: 0,275 % x 40 % = 0,11 %

Solarenergie -> Strom mit Photovoltaikmodulen: ca. 20 %

Photovoltaik ist rund 200 mal effizienter (unter Berücksichtigung von Abständen zwischen den Modulen etwa 100 mal effizienter)

## Übung: Dimensionierung eines Holzpellet-Lagers

Ein Altbaubesitzer überlegt, seine Gasheizung durch einen Holzpellet-Kessel zu ersetzen, und möchte überprüfen, ob er genügend Platz im Keller für einen Pelletlagerraum besitzt. Der Energieverbrauch des Gebäudes beträgt über die letzten drei Jahre gemittelt 2.500 m³ Erdgas pro Jahr. Der Lagerraum soll einen Jahresvorrat an Pellets aufnehmen können.

Annahmen für die Berechnung:

- Heizwerte: Erdgas = 10 kWh/m³, Holzpellets = 4,8 kWh/kg
- Schüttraumvolumen der Holzpellets = 650 kg/m³
- geschätzter Jahresnutzungsgrad des vorhandenen Gaskessels = 80 %
- geschätzter Jahresnutzungsgrad des neuen Pelletkessels = 90 %
- Vollbenutzungsstunden  $b_H$  des Heizkessels für Heizung und Warmwasser = 2000 h/a

1. Berechnen Sie den jährlichen (Nutz)Wärmebedarf des Gebäudes!
2. Berechnen Sie die benötigte Pelletmenge in kg pro Jahr!
3. Wie groß ist das daraus resultierende Schüttvolumen der Pellets?
4. Wie groß muss das Volumen des Lagerraumes sein unter Berücksichtigung eines üblichen Zuschlages auf das Schüttvolumen der Holzpellets für die Raumverluste durch Schrägboden und Schüttkegel?
5. Leiten Sie aus Frage 4 eine Daumenregel ab für das Volumen eines Lagerraumes für einen Jahresvorrat an Holzpellets pro kW Heizleistung des Heizgerätes! (zur Erinnerung:  $Q_{\text{Nutz,a}} = b_H \cdot P_{\text{Nutz,max}}$ )

Lösungen: 20.000 kWh/a - 4.630 kg/a - 7,12 Sm³ - 9,26 m³ - 0,926 bzw. grob 1 m³/kW

14126

### 1. Pelletmenge

Jahresnutzungsgrad Kessel = Output an Nutzwärme / Input an Erdgasenergie

Output an Nutzwärme = 2.500 m³/a x 10 kWh/m³ x 0,80 = 20.000 kWh/a

benötigte Pelletmenge = 20.000 kWh/a / (0,9 x 4,8 kWh/kg) = 4.630 kg/a

### 2. Lagervolumen Pellets

„Nettovolumen“ = 4.630 kg/a / 650 kg/Sm³ = 7,12 Sm³ pro Jahresvorrat

### 3. Lagervolumen Gesamt

„Bruttovolumen“ = 7,12 Sm³/a x 1,3 m³/Sm³ = 9,26 m³ pro Jahresvorrat

### 4. Lagervolumen für einen Jahresvorrat pro kW Heizleistung des Heizgerätes

Output an Nutzwärme = Heizleistung x Vollbenutzungsstunden

Heizleistung = 20.000 kWh/a / 2.000 h/a = 10 kW

Lagervolumen pro kW Heizleistung = 9,26 m³ / 10 kW = 0,926 m³/kW

bzw. grob ca. 1 m³/kW Heizleistung