

Termin: 11. März 2021

Name:

Matrikel-Nr.:

Unterschrift:

Es sind keine Hilfsmittel, auch programmierter Taschenrechner
zugelassen.

Bitte halten Sie Ihren Ausweis und Immatrikulationsbescheinigung bereit.

Die Klausur besteht aus 12 Seiten (inkl. Deckblatt)

max. Punktzahl: 60

Datenschutzerklärung

Hiermit erkläre ich,
dass mein Ergebnis der Klausur im Internet in anonymisierter Form
(Matrikelnummer und Note) veröffentlicht werden darf.

Unterschrift:

MUSTERLÖSUNG

Fragenteil (30 Punkte)

1. Nennen Sie die vier Phasen einer Ökobilanzierung nach DIN ISO 14040.

2 P

- Ziel- und Untersuchungsrahmen
- Sachbilanz
- Wirkbilanz
- Interpretation und Auswertung

2. Was wird anhand des Human Carbon Footprints bestimmt? Wie hoch ist dieser für einen in Deutschland lebenden Menschen? Nennen Sie zwei Möglichkeiten, um den Human Carbon Footprint zu reduzieren.

3 P

- HCF bestimmt den Beitrag zum Treibhauseffekt durch Menschen und Völker und deren Handeln. 1 Punkt
- In Deutschland circa 10,8 t (gegenwärtig) in den Folien steht 11,6 t (2017) 1 Punkt
- z.B. Weniger Fleisch essen, weniger konsumieren (je 0,5 Punkte)

3. Nennen Sie zwei Probleme der Ökobilanzierung.

1 P

- Abstrahierungen sind notwendig (Systemgrenzen)
- Gewichtung der Umweltwirkungen ist nur Modell
- Vergleich unterschiedlicher ökotoxischer Wirkungen
- Interpretation ist subjektiv
- Ergänzung um ökonomische und soziale Aspekte sinnvoll

7. Nennen Sie einen positiven Rückkopplungseffekt der Klimaerwärmung und erläutern sie dessen Mechanismus anhand eines Fließschemas. 3 P

Beispiele siehe VL Grundlagen F86ff

8. Der Umweltminister einer kleinen Mittelmeerinsel möchte im Zuge einer Wahlkampagne, zum Kampf gegen den internationalen Klimawandel, die gegenwärtig eingesetzten Dieselgeneratoren durch Photovoltaikanlagen mit nachgeschaltetem Batteriespeicher substituieren, weil die bei der Stromerzeugung anfallenden Emissionen dadurch seiner Meinung nach immens geringer ausfallen. Wie stehen sie als wissenschaftlicher Berater mit Kenntnissen zum Life Cycle Assessment zu dieser Strategie? 3 P

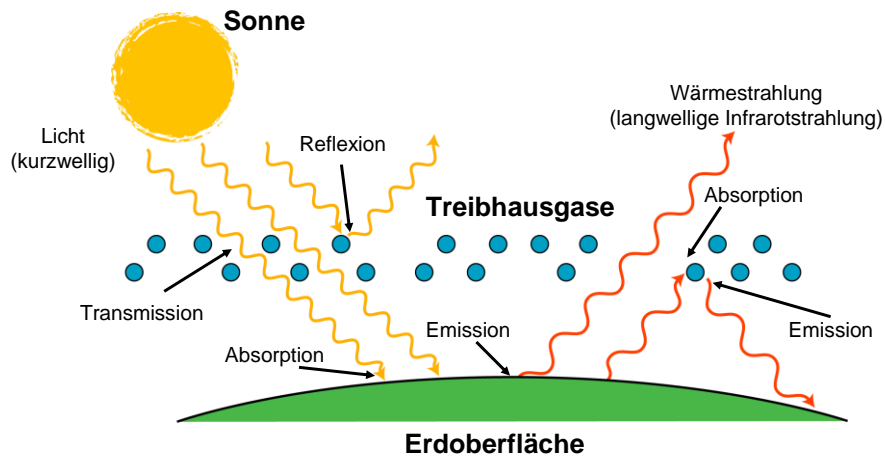
z.B.:

El. Strom aus konventioneller oder regenerativer Bereitstellung. 1 P

Verlagerung Emissionen von Nutzung (Dieselgeneratoren) zu Rohstoffgewinnung (Photovoltaik, Batteriezellen) Herstellung. 1 P

Regionale vs. Globale Emissionen 1P

9. Erläutern Sie kurz anhand einer Skizze die physikalischen Vorgänge, welche den Treibhauseffekt bewirken und benennen Sie die wesentlichen Faktoren. 5P



10. Biokunststoffe basieren auf pflanzlichen Produkten. Berechnungen ergaben, dass beim Pflanzenanbau 14 g N₂O und 325 g NO_x pro kg Biokunststoffgranulat emittiert werden.

- a. Was bedeuten die Umweltwirkungen GWP100, AP und NP und was sind die jeweiligen Referenzsubstanzen? 3 P

GWP100	Treibhausgaspotential auf hundert Jahre	CO ₂
AP	Versauerungspotential	SO ₂
NP	Eutrophierungspotential	PO ₄ ⁻

- b. Berechnen Sie anhand der oben genannten Werte das GWP100, das AP und das NP für das Biokunststoffgranulat. Die spezifischen Potentiale der Emissionen entnehmen Sie der Tabelle im Anhang.

3 P

$$\text{GWP (nur N}_2\text{O): } 14 \text{ gN}_2\text{O} \cdot 320 = 4,4800 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

$$\text{AP (nur NO}_x\text{): } 325 \text{ gNO}_x \cdot 0,7 = 0,2275 \text{ kgSO}_2\text{e}$$

$$\text{NP (nur NO}_x\text{): } 325 \text{ gNO}_x \cdot 0,13 = 0,042 \text{ kgPO}_4\text{e}$$

je 1P

Aufgabenteil (30 Punkte)

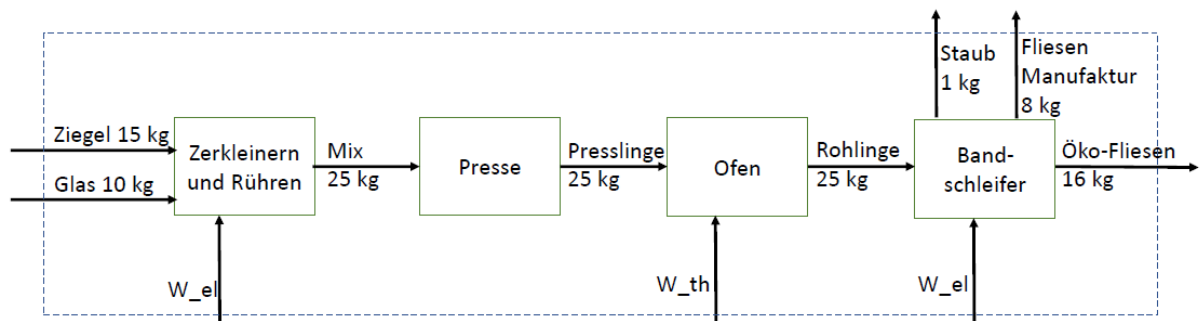
11. Die Splitter GmbH produziert Öko-Fliesen aus alten Ziegeln und Altglas. Der gesamte Herstellungsprozess untergliedert sich in folgende Schritte:

- 1) In einer Anlage werden 15 kg Altziegel und 10 kg Altglas zerkleinert und gemischt. Der elektrische Energiebedarf pro kg behandeltem Material beträgt 120 Wh.
- 2) Die Materialmischung wird mithilfe einer manuell betriebenen hydraulischen Presse zu Presslingen verarbeitet.
- 3) Die Presslinge werden in einem Ofen gebrannt. Der Ofen wird anhand eines Erdgasbrenners beheizt. Der Bedarf an thermischer Energie beträgt 540 kWh. Der Brenner weist einen Wirkungsgrad von 0,9 auf.
- 4) Die gebrannten Rohlinge werden mithilfe eines Bandschleifers zu Fliesen endbearbeitet. Der Bandschleifer weist eine elektrische Leistung von 1,5 kW auf. Die Bearbeitungsdauer beträgt 30 Minuten. Aufgrund des Materialabtrags der Rohlinge fällt 1 kg Staub an. Ein Drittel der Fliesen werden an eine Fliesenmanufaktur verkauft, die daraus Mosaikfliesen herstellen. Die restlichen Fliesen werden als Öko-Fliesen direkt an Endkunden vertrieben.

Folgende Annahmen gelten

- spez. Masse der Fliesen: 10 kg / 1 m² Fliesen
- Abmessung einer Fliese (Länge * Breite): 10 cm * 10 cm
- spez. GWP dt. Strommix: 400 g CO_{2e}/kWh
- spez. GWP Erdgas: 200 g CO_{2e}/kWh
- spez. GWP manueller Arbeit: 0 g CO_{2e}
- Definition Wirkungsgrad Brenner:
$$\eta = \frac{\text{thermische Energie}}{\text{Bedarf Erdgas}}$$

- a. Zeichnen Sie den Prozess. Benutzen Sie Pfeile für Energie- und Materialflüsse und Kästen für Prozesse und Maschinen. Zeichnen Sie die Bilanzgrenze ein. 10 P



Prozesse je 1 P

Flüsse je 0,5 P

Bilanzgrenze 0,5 P

- a. Berechnen Sie das GWP für eine Öko-Fliese, die direkt an Endkunden vertrieben wird. Führen Sie eine Allokation an geeigneter Stelle durch. Falls Sie die Anzahl an Fliesen nicht bestimmen können, nehmen sie bitte eine Anzahl von 160 Fliesen an. 17 P

Zerkleinern und Rühren

$$W_{el} = w_{el} * M_{Material} = 120 \text{ Wh/kg} * (15 + 10) \text{ kg} = 3000 \text{ Wh} \quad 1 \text{ P}$$

$$GWP_{el} = W_{el} * gwp_{el} = 3000 \text{ Wh} * 0,4 \text{ gCO}_2\text{e/ Wh} = 1200 \text{ gCO}_2\text{e} \quad 1 \text{ P}$$

$$GWP_{zerkl} = GWP_{el}$$

Presse

Manuell, deshalb $GWP = 0$

Ofen

$$\text{Eta} = W_{th} / \text{Bedarf Erdgas}$$

$$\text{Bedarf Erdgas} = W_{th} / \text{Eta} = 540 \text{ kWh} / 0,9 = 600 \text{ kWh} \quad 1 \text{ P}$$

$$GWP_{Erdgas} = \text{Bedarf Erdgas} * gwp_{Erdgas} = 120 \text{ kgCO}_2\text{e} \quad 1 \text{ P}$$

$$GWP_{Ofen} = GWP_{Erdgas}$$

Bandschleifer

Energiebedarf

$$W_{el} = P_{el} * t$$

$$t = 30 \text{ min} = 30 \text{ min} / 60 \text{ min} = 0,5 \text{ h} \quad 1 \text{ P}$$

$$W_{el} = 1,5 \text{ kW} * 0,5 \text{ h} = 0,75 \text{ kWh}$$

1 P

$$GWP_{el} = W_{el} * gwp_{el} = 750 \text{ Wh} * 0,4 \text{ gCO}_2\text{e/ Wh} = 300 \text{ gCO}_2\text{e} \quad 1 \text{ P}$$

$$GWP_{Schleifer} = GWP_{el}$$

Berechnung GWP für eine FlieseErmittlung Anzahl Fliesen

$$M_{\text{Fliesen, Öko}} = M_{\text{Fliesen, gebrannt}} - M_{\text{Staub}} - M_{\text{Fliesen, Manufaktur}} = 16 \text{ kg} \quad 1 \text{ P}$$

$$A_{\text{Fliesen}} = M_{\text{Fliesen, geschliffen}} / m_{\text{Fliesen}} = 24 \text{ kg} / 10 \text{ (kg/ m}^2\text{)} = 2,4 \text{ m}^2 \quad 1 \text{ P}$$

$$a_{\text{Fliese}} = \text{Länge} * \text{Breite} = 10 \text{ cm} * 10 \text{ cm} = 100 \text{ cm}^2 \\ = 100 \text{ cm}^2 / (100 * 100) \text{ cm}^2 = 0,01 \text{ m}^2 \quad 2 \text{ P}$$

$$n_{\text{Fliesen, Öko}} = A_{\text{Fliesen}} / a_{\text{Fliese}} = 1,6 \text{ m}^2 / 0,01 \text{ m}^2 = 160 \text{ Fliesen} \quad 1 \text{ P}$$

Allokation nach Masse

$$a = M_{\text{Fliese, Öko}} / M_{\text{ges}} = 16 \text{ kg} / 24 \text{ kg} = 0,67 \quad 1 \text{ P}$$

Berechnung GWP

$$GWP_{\text{ges}} = GWP_{\text{zerkl}} + GWP_{\text{Ofen}} + GWP_{\text{Schleifer}} = 121,5 \text{ kgCO}_2\text{e} \quad 1 \text{ P}$$

$$GWP_{\text{Fliesen, Öko}} = GWP_{\text{ges}} * a = 121,5 \text{ kgCO}_2\text{e} * 0,67 = 81 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad 1 \text{ P}$$

$$gwp_{\text{Fliese}} = GWP_{\text{ges}} / n_{\text{Fliesen}} = 0,506 \text{ kgCO}_2\text{e} \quad 1 \text{ P}$$

- b. Sie möchten das GWP Ihrer Öko-Fliesen mit dem GWP konventioneller Fliesen vergleichen. Das GWP einer konventionellen Fliese mit einer Fläche von 150 cm² beträgt 1,2 kg CO₂e. Wählen Sie für einen Vergleich eine geeignete funktionelle Einheit und führen Sie diesen durch. 3 P

z.B. FU = 300 cm²

1 P

gwp_Fliese, Öko, FU = 0,54 kg CO₂e * 300 cm² / 100 cm² = 1,62 kg CO₂e

1 P

gwp_Fliese, konv, FU = 1,2 kg CO₂e * 300 cm² / 150 cm² = 2,4 kg CO₂e

1 P

Name:

Matrikel-Nr:

12

Substanz	ODP
CCl ₂ F ₂ (R12)	0,82
C ₂ Cl ₃ F ₃ (R113)	0,9
CHClF ₂ (R22)	0,04

Substanz	GWP100
CH ₄ (Methan)	25
N ₂ O (Lachgas)	320
CCl ₃ F (R11)	4.750
CCl ₂ F ₂ (R12)	10.900
SF ₆ (Schwefelhexafluorid)	22.800

Substanz	AP
NO _x	0,7
HCl	0,88
HF	1,6
NH ₃	1,88

Substanz	POCP
Methan	0,007
n-Pentan	0,408
Benzol	0,189
Toluol	0,563

Substanz	NP
Phosphat	1
Ammoniak	0,33
NO _x	0,13