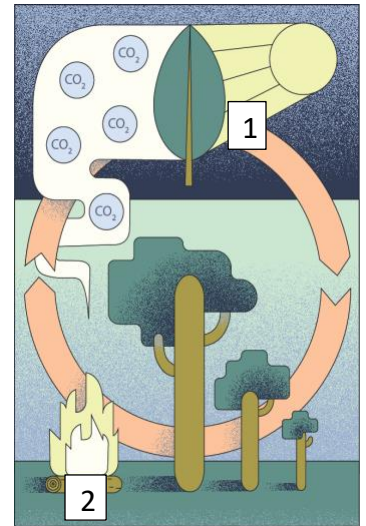


Abschätzung des Beitrags der Biomasse zur Energiewende - *Lösungen*

1) In der Abbildung rechts ist der Kohlenstoffkreislauf dargestellt. Nenne die bei **1** und **2** auftretenden Energieumwandlungen und Energieformen.



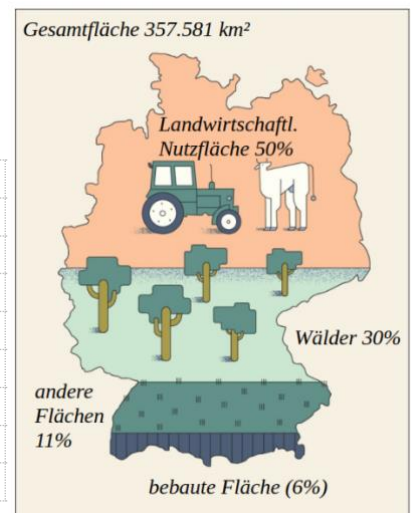
1)	Strahlungsenergie	→ Photosynthese →	chemische Energie
kurz:	$E_{Strahlung}$	→ Photosynthese →	E_{chem}
2)	chem. Energie	→ Verbrennung →	Wärmeenergie, Strahlungsenergie
kurz:	E_{chem}	→ Verbrennung →	$W_{th}; E_{Strahlung}$

2) Nimm dazu Stellung, inwieweit man Biomasse als CO₂-neutral beschreiben kann.

- CO₂-neutral, wenn der Rohstoff zeitnah nachwächst
- nicht CO₂-neutral, wenn ein langer Zeitraum des Wachstums, wie z. B. bei Urwäldern

3) Berechne jeweils mit Hilfe der nebenstehenden Abbildung, welche Fläche in Deutschland landwirtschaftlich genutzt wird, bzw. von Wald bedeckt ist.

<i>Landwirtschaft:</i>	$357\,581\text{ km}^2 \cdot 0,5 \approx 178\,791\text{ km}^2$
<i>Wald:</i>	$357\,581\text{ km}^2 \cdot 0,3 \approx 107\,274\text{ km}^2$



4) Zur Herstellung von Biomasse verwendet man unter anderem Mais, Pappel oder Raps. Diese wandeln mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von maximal 0,5 % die Strahlungsenergie der Sonne in chemische Energie um. Die Sonne stellt in Deutschland eine Energie von 1000 kWh pro m² pro Jahr zu Verfügung.



a) Bestimme damit die Energie, die pro m² in einem Jahr durch die Nutzung von Biomasse zur Verfügung steht.

geg.:	$\eta = 0,5\% = 0,005; E_{auf,pro\ m^2} = 1000 \frac{kWh}{m^2}$ (in 1 Jahr)	ges.: E_{nutz}
Lsg.:	$\eta = \frac{E_{nutz}}{E_{auf}}$	
	$E_{nutz} = \eta \cdot E_{auf} = 0,005 \cdot 1000 \frac{kWh}{m^2} = 5 \frac{kWh}{m^2}$ (in 1 Jahr)	

- b) Bestimme die Energie, die in einem Jahr durch Biomasse zur Verfügung gestellt werden kann, wenn 30 % der landwirtschaftlichen Fläche (siehe Aufgabe 3) zum Anbau dafür genutzt werden kann.

$$\begin{aligned} \text{landw. Fläche für Biomasse:} & \quad 30\% = 0,3 \\ & \quad A = 0,3 \cdot 178\,791 \text{ km}^2 \approx 53637 \text{ km}^2 = 53637 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \\ \text{Energie aus Biomasse in Deutschland: } E_{\text{nutz},D,1\text{Jahr}} & = 53637 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot 5 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \approx 268 \cdot 10^9 \text{ kWh} \end{aligned}$$

- 5) Wälder wandeln die Strahlungsenergie der Sonne ($E = 1000 \text{ kWh pro m}^2 \text{ pro Jahr}$) mit einem Wirkungsgrad von maximal 0,35 % in chemische Energie um.



- a) Bestimme damit die Energie, die pro m^2 in einem Jahr durch die Nutzung von Holz zur Verfügung steht.

$$\begin{aligned} \text{geg.: } \eta & = 0,35\% = 0,0035; \quad E_{\text{auf},\text{pro m}^2} = 1000 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \quad (\text{in 1 Jahr}) & \quad \text{ges.: } E_{\text{nutz}} \\ \text{Lsg.: } \eta & = \frac{E_{\text{nutz}}}{E_{\text{auf}}} \\ E_{\text{nutz}} & = \eta \cdot E_{\text{auf}} = 0,0035 \cdot 1000 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} = 3,5 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \quad (\text{in 1 Jahr}) \end{aligned}$$

- b) Bestimme die Energie, die in einem Jahr durch Holz zur Verfügung gestellt werden kann, wenn 40 % der Waldfläche dafür genutzt werden kann. $\eta = 0,4$

$$\begin{aligned} \text{nutzbare Waldfläche:} & \quad A = 0,4 \cdot 107274 \text{ km}^2 \approx 42910 \text{ km}^2 = 42910 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \\ \text{Energie aus Wald in Deutschland: } E_{\text{nutz},D,1\text{Jahr}} & = 42910 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot 3,5 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \approx 150 \cdot 10^9 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Hinweis: Eine „Nutzung von 40 %“ bedeutet **nicht**, dass jedes Jahr 40 % der gesamten Waldfläche dafür geerntet werden müssen! Da die Bäume die Strahlungsenergie der Sonne in chemische Energie umwandeln, speichern sie die Energie langfristig. Wenn man einen Baum fällt und thermisch verwertet, nutzt man die gesamte Energie, die der Baum im Laufe seines Lebens eingespeichert hat. Daher genügt es, wenn man jährlich nur einen kleinen Bruchteil der Bäume von der 40%igen Nutzfläche fällt.

- 6) Vergleiche die Ergebnisse aus Aufgabe 4) und 5) mit dem Bedarf an Primärenergie von 120 kWh pro Person pro Tag in Deutschland. Beachte, dass ca. 15 % der Energie für den Anbau und die Ernte benötigt werden.

$$\begin{aligned} \text{geg.: Anzahl der Einwohner in Deutschland: ca. } 80\,000\,000 & = 80 \cdot 10^6; \quad \text{Tage pro Jahr: } 365 \\ E_{\text{Biomasse},D,1a} & = 268 \cdot 10^9 \text{ kWh} \quad E_{\text{Wald},D,1a} = 150 \cdot 10^9 \text{ kWh} \quad \eta = 1 - 0,15 = 0,85 \\ \text{Lsg.: } \frac{268 \cdot 10^9 \text{ kWh} + 150 \cdot 10^9 \text{ kWh}}{80 \cdot 10^6 \cdot 365} \cdot 0,85 & \approx 12 \text{ kWh} \quad (\hat{=} \frac{1}{10} \cdot 120 \text{ kWh}) \\ \text{A.: Mit Bioenergie kann maximal } \frac{1}{10} & \text{ des gesamten Primärenergiebedarfs gedeckt werden.} \end{aligned}$$

- 7) Diskutiere die Vor- und Nachteile der Nutzung von Bioenergie.

Vorteile:	<ul style="list-style-type: none"> - Versorgungssicherheit: Einsatz nach Bedarf, da speicherfähig (Holz, Biogas) - ökologischer Anbau bzw. Nutzung teilweise möglich - hohe Leistungen möglich
Nachteile:	<ul style="list-style-type: none"> - geringer Gesamt-Wirkungsgrad → sehr hoher Flächenbedarf - Konkurrenz mit Nahrungsmittelanbau - Wald als Lebensraum und CO₂-Senke - Förderung von Monokulturen - hoher Schadstoffausstoß bei manchen Heizungsarten