Einstrahlung der Sonne – Ausstrahlung der Erde (Strahlungshaushalt)

Während die durchschnittliche globale Temperatur von Jahr zu Jahr nur leicht schwankt, kann es in einer Region von einem Jahr zum nächsten große Unterschiede geben. Trotz dieser regionalen Unterschiede muss das Gesamtsystem aus Erde und Atmosphäre im Jahresdurchschnitt genauso viel Energie in den Weltraum abgeben, wie es von der Sonne durch die solare Einstrahlung erhält. Das Gleiche gilt auch für die Erdoberfläche und die Atmosphäre: im Jahresmittel gibt die Erdoberfläche genauso viel Energie an die Atmosphäre ab, wie sie selber absorbiert. Wäre dem nicht so, käme es zu einer dauerhaften Erwärmung oder Abkühlung des Planeten.

Wie laufen diese Energieaustauschprozesse ab?

An der Obergrenze der Atmosphäre kommt ständig eine bestimmte Menge Sonnenenergie an (ca. 1367 W/m^2). Diese Energiemenge nennt man die **Solarkonstante**. Wir bezeichnen diesen Energiebetrag hier als 100 Einheiten (100 %).

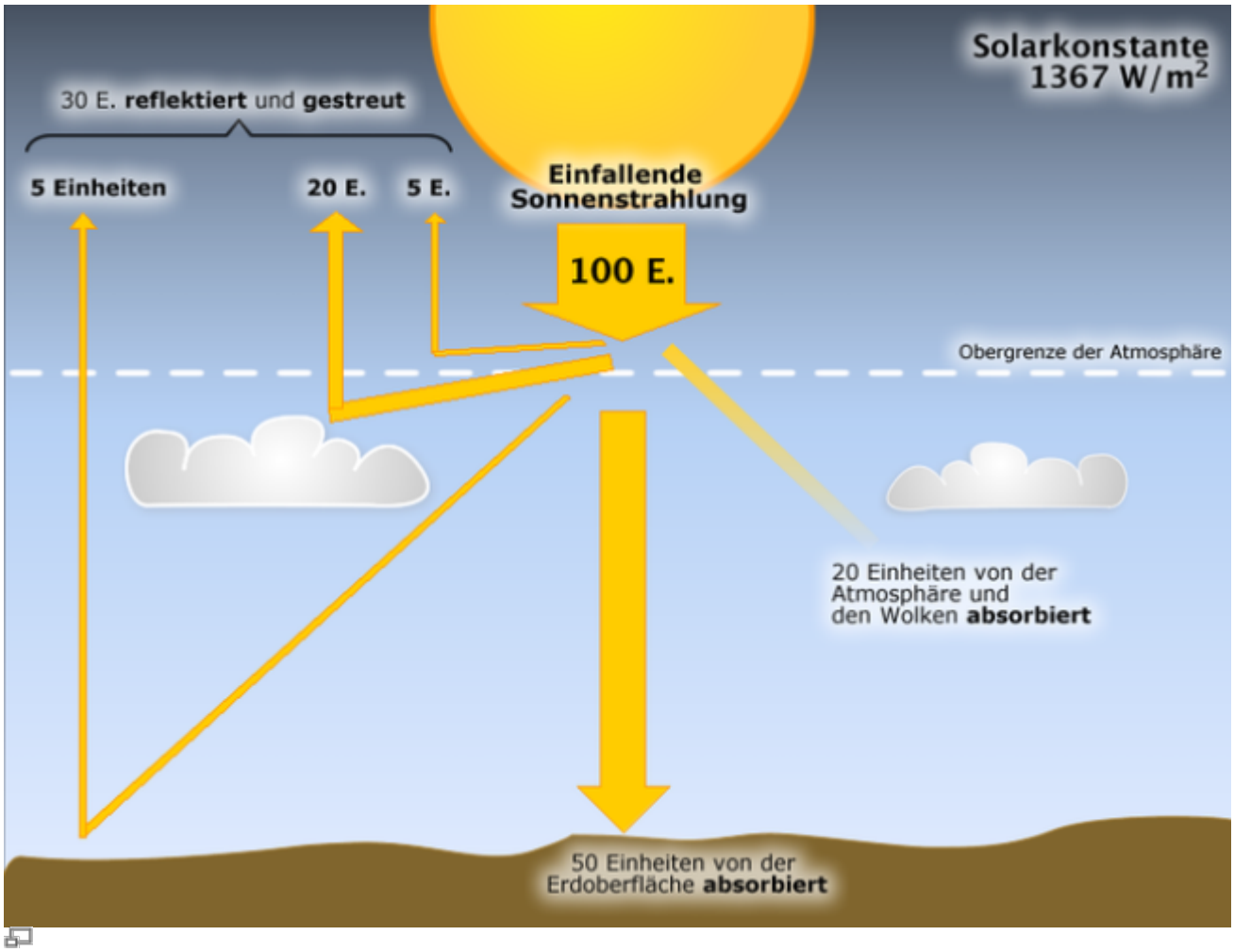

Abb. 1: Strahlungsbilanz der Erde, vereinfacht. Quelle: Eigene Darstellung, Daten aus verschiedenen

Lehrbüchern der Klimatologie, tw. gerundet und vereinfacht

Durch Reflexion und Streuung an der Obergrenze der Atmosphäre, an den Wolken und an der Erdoberfläche, werden 30 Einheiten[1)] sofort wieder in den Weltraum zurückgestrahlt. Die Fähigkeit, Strahlung zu reflektieren heißt **Albedo**. Die Erde als Gesamtsystem hat also eine Albedo von 30 %.

Von den verbleibenden 70 Einheiten der direkten **solaren Einstrahlung** werden 20 Einheiten von der Atmosphäre absorbiert, 50 Einheiten erreichen die Erdoberfläche und werden dort absorbiert.

Was passiert mit den 70 Einheiten der Einstrahlung, die von Erde und Atmosphäre absorbiert werden? Die Erdoberfläche gibt Tag und Nacht Energie im Infrarotbereich ab (**terrestrische Ausstrahlung**). Diese Abgabe beläuft sich auf ca. 120 Einheiten, also deutlich mehr als an direkter Einstrahlung von Erde und Atmosphäre absorbiert wird. Wie ist das möglich? Etwa 110 Einheiten der terrestrischen Ausstrahlung werden von der Atmosphäre (besonders von CO_2, Wasserdampf und Wolken) absorbiert. Die Atmosphäre strahlt die Energie (zusammen mit den bereits absorbierten 20 Einheiten der solaren Strahlung) fast komplett wieder zurück (**atmosphärische Gegenstrahlung**). Die Strahlung wird sozusagen mehrfach »hin- und hergeschickt«.

Die Absorption durch die Atmosphäre und die atmosphärische Gegenstrahlung sorgen für den so genannten **natürlichen Treibhauseffekt**. Ohne die Absorption und die resultierenden Gegenstrahlung der Atmosphäre würde die von der Erde abgestrahlte Energie ungehindert in den Weltraum entweichen. Die Jahresmitteltemperatur der Erde läge bei ca. –18° C. Durch den natürlichen Treibhauseffekt beträgt sie global ca. +15° C.

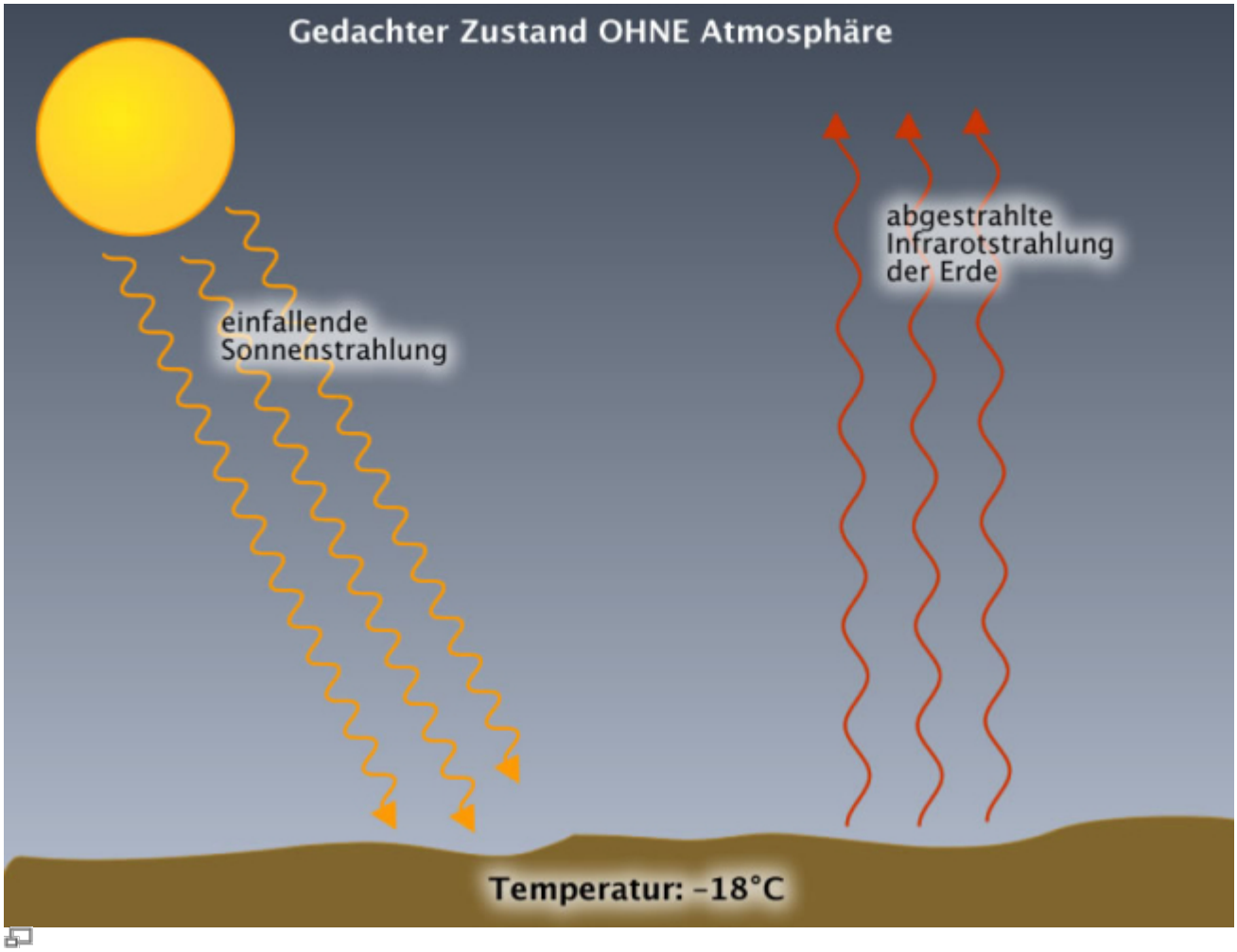

Abb. 2: Gedankenexperiment: Vereinfachter Strahlungshaushalt der Erde ohne Atmosphäre. Quelle: Eigene Darstellung, Daten aus verschiedenen Lehrbüchern der Klimatologie

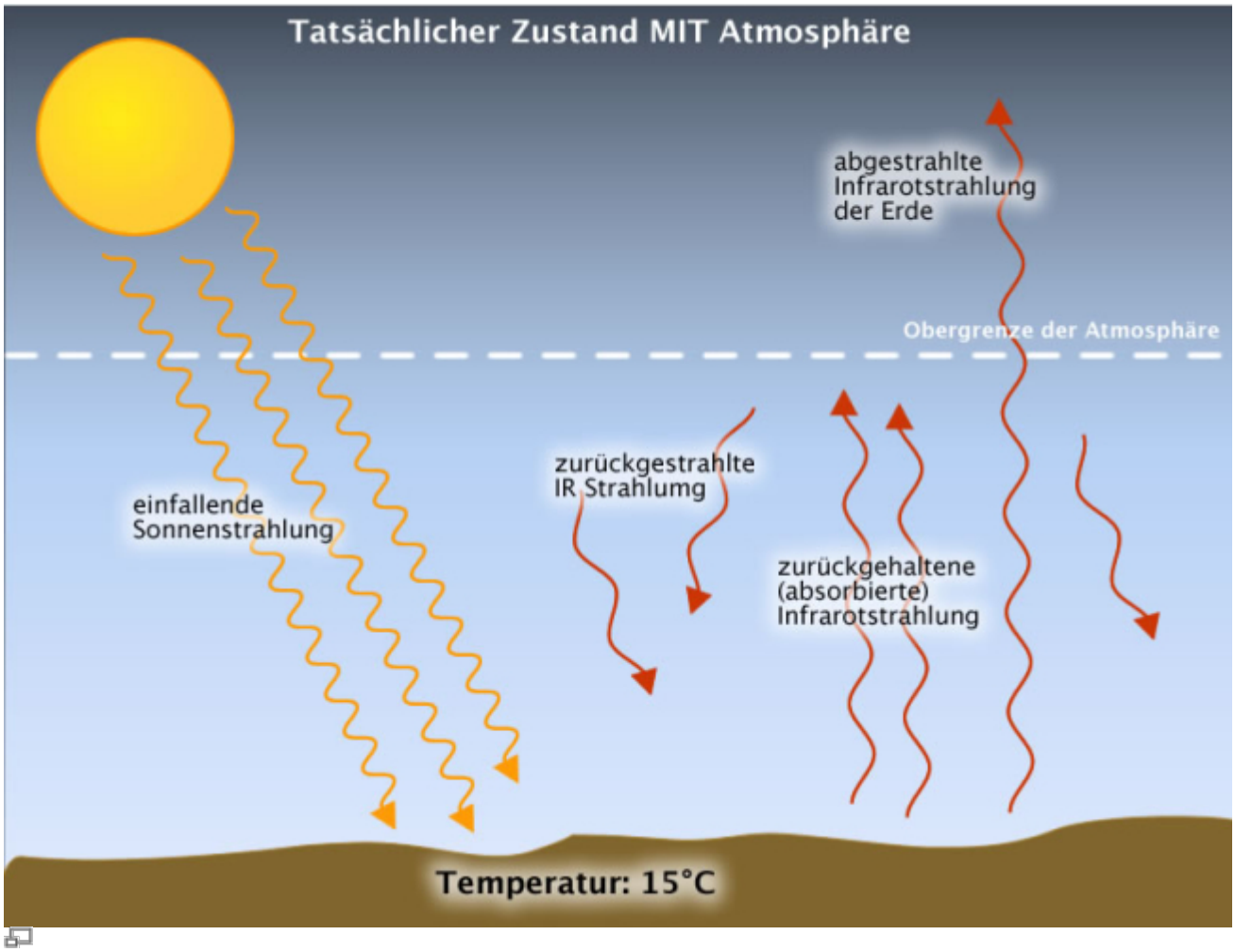

Abb. 3: Vereinfachter Strahlungshaushalt der Erde mit Atmosphäre. Quelle: Eigene Darstellung, Daten aus verschiedenen Lehrbüchern der Klimatologie

Verschiedene Aktivitäten des Menschen (z.B. das Verbrennen fossiler Brennstoffe) fügen der Atmosphäre große Mengen von Gasen zu. Die daraus resultierende Wirkung nennt man den **anthropogenen (= »menschengemachten«) Treibhauseffekt** (gr. *anthropos* = Mensch; gr. *genesis* = Entstehung). Er verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt.

Aufgaben

1. Erkläre in eigenen Worten, was die solare Einstrahlung, die terrestrische Ausstrahlung und atmosphärische Gegenstrahlung sind und welche Eigenschaften sie haben.
2. Erkläre, welche Rolle die globale Albedo der Erde im Strahlungshaushalt spielt.
3. Zeichne eine Skizze, um die Energieflüsse in der Erdatmosphäre zu veranschaulichen. Benutze verschiedene Farben für kurzwellige und langwellige Strahlung und versuche, alle Komponenten des Systems zu berücksichtigen.

geographie, atmosphaere, klima, klimawandel

1) Die Zahlenwerte sind grob gerundet, damit man sie sich leichter merken kann. In Wahrheit sind die Werte nicht so »glatt«.