
Wärme- und Stoffübertragung I

Energiebilanzen

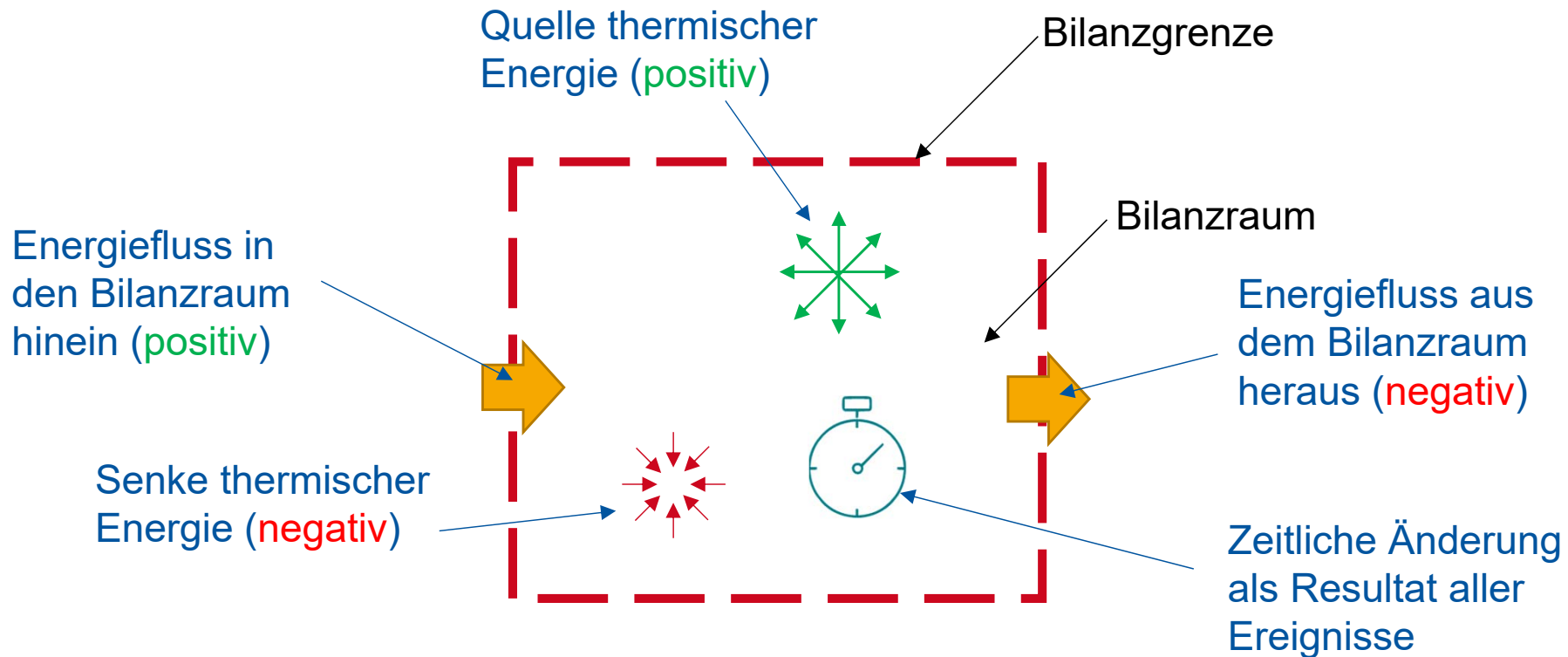
Prof. Dr.-Ing. Reinhold Kneer
Dr.-Ing. Dr. rer. pol. Wilko Rohlfs

- Energiebilanz

- Verständnis einer Energiebilanz
- Fähigkeit, Energiebilanzen um einen Körper aufzustellen
- Verständnis von innerer und äußerer Energiebilanz



Was ist eine Energiebilanz?



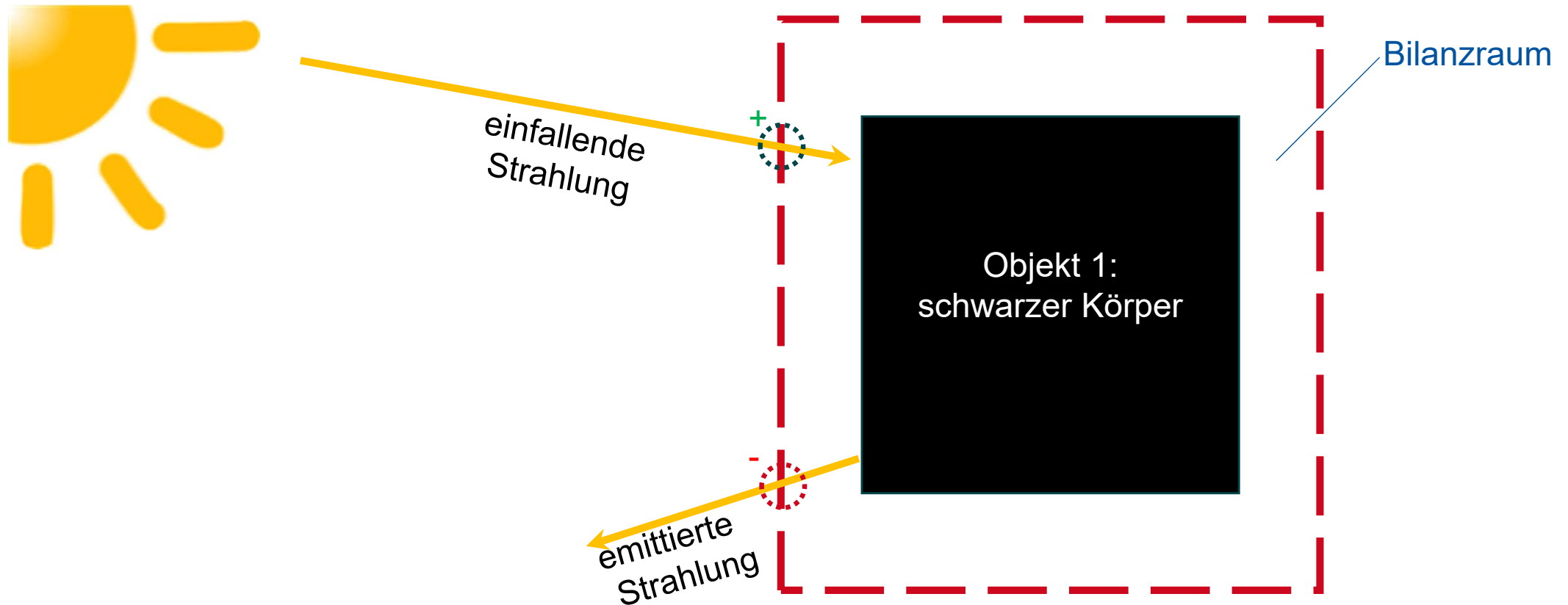
Energiebilanz

Zeitliche Änderung =
Wirkung

+ Summe aller Zuflüsse
- Summe aller Abflüsse
+ Summe aller Quellen
- Summe aller Senken

Ursache

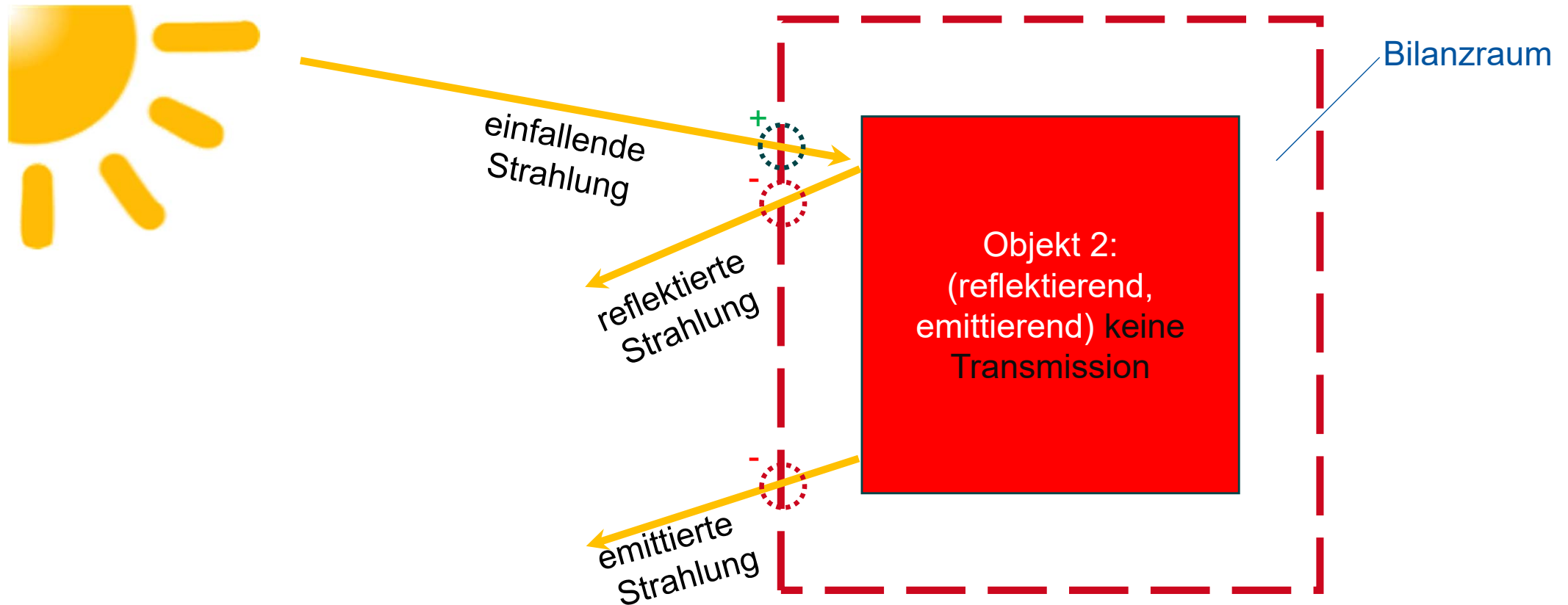
Energiebilanz



Äußere Energiebilanz

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} - \Sigma \dot{Q}_{\text{ausgehend}}$$

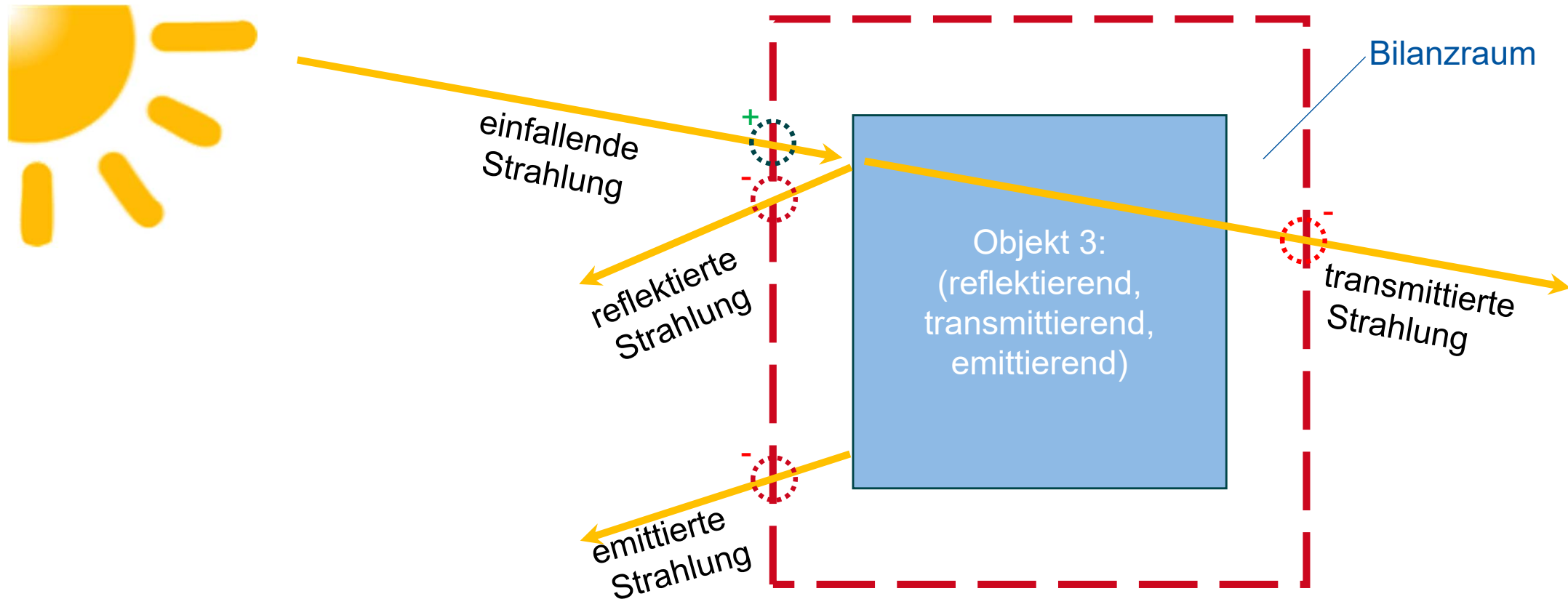
Energiebilanz



Äußere Energiebilanz

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} - \Sigma \dot{Q}_{\text{ausgehend}}$$

Energiebilanz



Äußere Energiebilanz

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} - \Sigma \dot{Q}_{\text{ausgehend}}$$

Äußere Energiebilanz



einfallende
Strahlung

reflektierte
Strahlung

emittierte
Strahlung

Objekt 3:
(reflektierend,
transmittierend,
emittierend)

Bilanzraum

transmittierte
Strahlung

Äußere Energiebilanz

$$\Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} = \Sigma (\dot{Q}_i \phi_{i,3})_{\text{ankommend}}$$

Flächenhelligkeit des Körpers i
 \times

Sichtfaktor von Körper i auf Körper 3

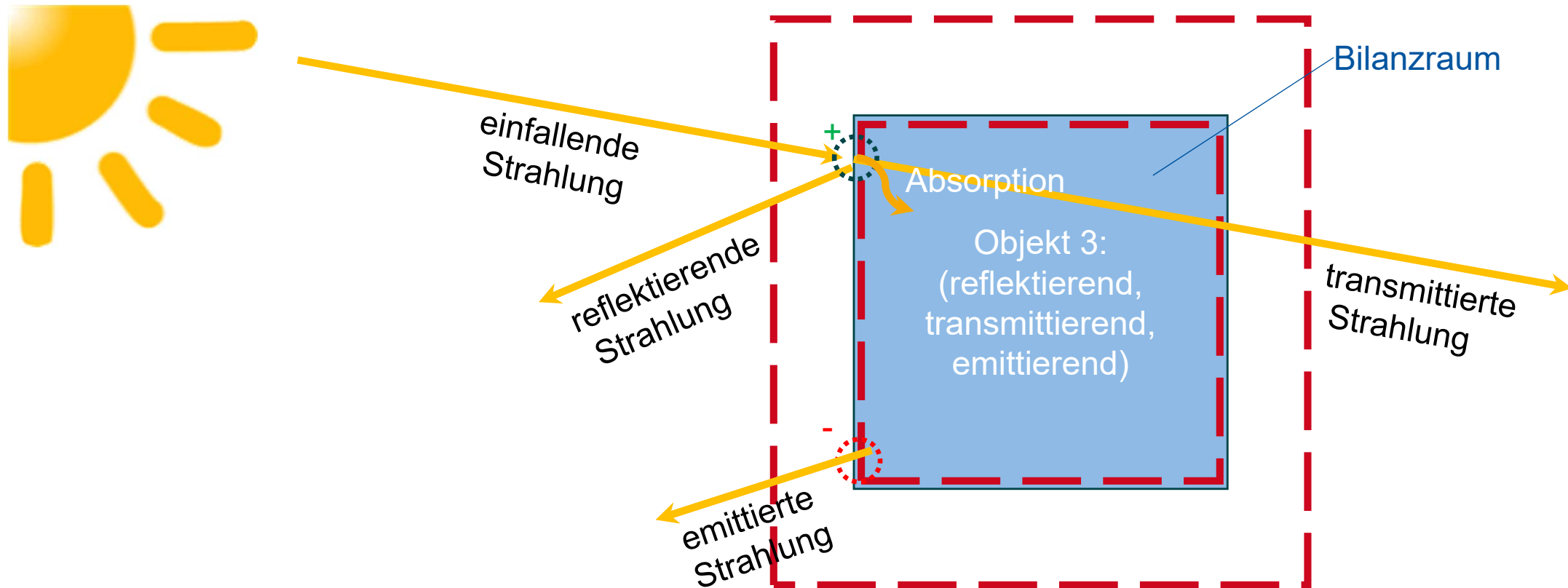
$$\Sigma \dot{Q}_{\text{ausgehend}} = \dot{Q}_3$$

Flächenhelligkeit von Körper 3

Äußere Energiebilanz

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} - \Sigma \dot{Q}_{\text{ausgehend}}$$

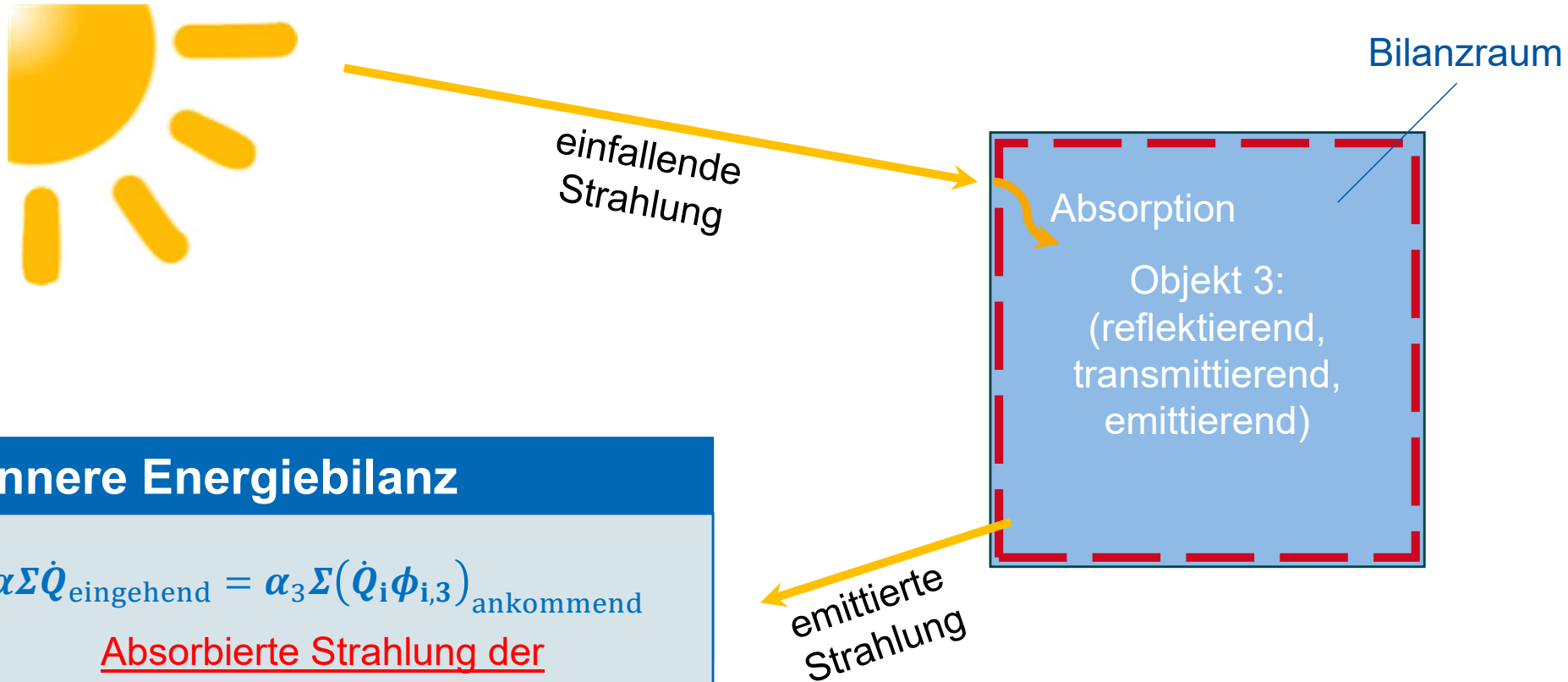
Innere Energiebilanz



Innere Energiebilanz

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \alpha \Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} - \Sigma \dot{Q}_{\text{emittiert}}$$

Innere Energiebilanz



Innere Energiebilanz

$$\alpha \Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} = \alpha_3 \Sigma (\dot{Q}_i \phi_{i,3})_{\text{ankommend}}$$

Absorbierte Strahlung der
Flächenhelligkeit des Körpers i

\times

Sichtfaktor von Körper i auf Körper 3

$$\Sigma \dot{Q}_{\text{ausgehend}} = \dot{Q}_{3,\epsilon}$$

Emission von Körper 3

Innere Energiebilanz

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \alpha \Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} - \Sigma \dot{Q}_{\text{emittiert}}$$

Gegenüberstellung: Innere und äußere Energiebilanz

Innere Energiebilanz

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \alpha \Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} - \Sigma \dot{Q}_{\text{emmitiert}}$$

$$\alpha \Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} = \alpha_3 \Sigma (\dot{Q}_i \phi_{i,3})_{\text{ankommend}}$$

Absorbierte Strahlung der
Flächenhelligkeit des Körpers i

\times

Sichtfaktor von Körper i auf Körper 3

$$\Sigma \dot{Q}_{\text{ausgehend}} = \dot{Q}_{3,\epsilon}$$

Emission von Körper 3

Äußere Energiebilanz

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} - \Sigma \dot{Q}_{\text{ausgehend}}$$

$$\Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} = \Sigma (\dot{Q}_i \phi_{i,3})_{\text{ankommend}}$$

Flächenhelligkeit des Körpers i

\times

Sichtfaktor von Körper i auf Körper 3

$$\Sigma \dot{Q}_{\text{ausgehend}} = \dot{Q}_3$$

Flächenhelligkeit von Körper 3

Energiebilanz

Innere Energiebilanz

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \alpha \Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} - \Sigma \dot{Q}_{\text{emmitiert}}$$

$$\alpha \Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} = \alpha_3 \Sigma (\dot{Q}_i \phi_{i,3})_{\text{ankommend}}$$

Absorbierte Strahlung o
Flächenhelligkeit des Körpers
x
Sichtfaktor von Körper i auf Körper 3

In der inneren Bilanz wird nur der absorbierte Teil der Flächenhelligkeit berücksichtigt. Reflexion und Transmission spielen keine Rolle

$$\Sigma \dot{Q}_{\text{ausgehend}} = \dot{Q}_{3,\epsilon}$$

Emission von Körper 3

In der Flächenhelligkeit der äußeren Bilanz werden Reflexion und Transmission erneut berücksichtigt

Äußere Energiebilanz

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} - \Sigma \dot{Q}_{\text{ausgehend}}$$

$$\Sigma \dot{Q}_{\text{eingehend}} = \Sigma (\dot{Q}_i \phi_{i,3})_{\text{ankommend}}$$

Flächenhelligkeit des Körpers i
x
Sichtfaktor von Körper i auf Körper 3

$$\Sigma \dot{Q}_{\text{ausgehend}} = \dot{Q}_3$$

Flächenhelligkeit von Körper 3

Fazit: Das Ergebnis aus innerer und äußerer Bilanz ist identisch

Vorteil innere Bilanz:
Weniger Terme

Vorteil äußere Bilanz:
Direktes rechnen mit Flächenhelligkeiten

Verständnisfragen

Welche Ereignisse führen zu einer zeitlichen Änderung der thermischen Energie im Bilanzraum?

Welche Terme finden bei der äußeren Energiebilanz zusätzlich Berücksichtigung?

Bei welchen Anwendungen ist eine innere bzw. äußere Energiebilanz sinnvoller anzuwenden?

Wie lassen sich innere und äußere Energiebilanz ineinander überführen?