

## Nomenklatur

---

### Subskript:

$\eta$	wellenzahlenspezifisch
$\lambda$	wellenlängenspezifisch
0	einfallende Strahlung
s	Schwarzkörper
$i \rightarrow j$	Von Objekt i auf Objekt j

### Superskript:

"	flächenbezogen
'''	volumenbezogen
•	zeitliche Ableitung (Wärmestrom, Massenstrom, Enthalpiestrom etc.)

### Schwarzkörper:

$\lambda$	Wellenlänge der Strahlung	[m]
$\nu$	Frequenz der Strahlung	[s <sup>-1</sup> ]
$\sigma$	Stefan-Boltzmann-Konstante	[W/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> )]
$c$	Lichtgeschwindigkeit	[m/s]
$E$	Energie eines Photons	[J]
$F(\lambda)$	Strahlungsanteil	[-]
$h$	Plancksche Konstante	[Js]
$\dot{q}_{s,\lambda}''$	spektrale Strahlungsdichte Schwarzkörper	[W/(m <sup>2</sup> m)]

### Reale Objekte:

$\alpha$	Absorptionsgrad	[-]
$\varepsilon$	Emissionsgrad	[-]
$\rho$	Reflexionsgrad	[-]
$\tau$	Transmissionsgrad	[-]
$\varphi$	Betrachtungswinkel	[rad]

### Einstrahlzahlen:

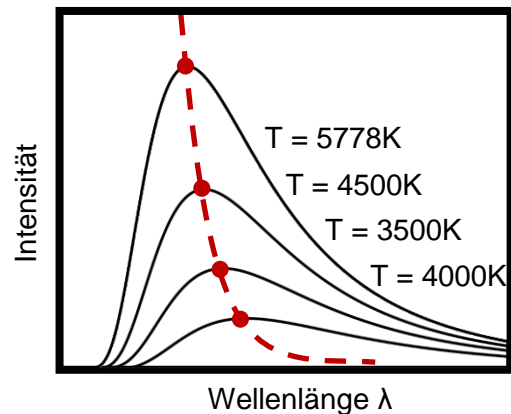
$\phi_{ij}$	Einstrahlzahl / Sichtfaktor i auf j	[-]
$\Omega$	Raumwinkel	[rad]
$L$	Strahlungsdichte	[W/m <sup>2</sup> ]
$\dot{Q}_{i \rightarrow j}$	Strahlung von Fläche i auf j	[W]

---

## V 01: Schwarzkörperstrahlung

Lernziele:

- Verständnis des Welle-Teilchen Dualismus
- Schwarzer Körper: Beschreibung der spektralen Strahlungsintensität nach Planck
- Lösungsansatz zur Integration des Planckschen Verteilungsgesetzes
- Nutzung des Stefan-Boltzmann-Gesetzes
- Verknüpfung von Temperatur und Lage des Maximums der spektralen Strahlungsintensität



Verständnisfragen:

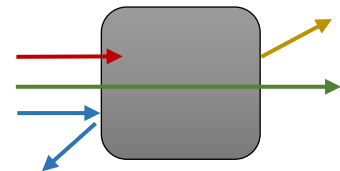
- ☐ Was ist ein schwarzer Körper?
- ☐ Welche Annahmen gelten für die Berechnung von schwarzen Körpern?
- ☐ Mit welchem Gesetz kann die Wellenlänge bei dem Intensitätsmaximum eines schwarzen Körpers bestimmt werden?
- ☐ Über welchen Ansatz wurde die Stefan-Boltzmann-Konstante ermittelt?
- ☐ Wie kann die Strahlungsintensität in einem bestimmten Wellenlängenbereich  $\lambda_1 - \lambda_2$  berechnet werden?

---

## V 02: Strahlung realer Objekte

Lernziele:

- Definition und Bedeutung von Emission-, Absorption-, Transmission- und Reflexionsgrad verstehen
- Verhalten realer Körper im Vergleich zu idealen Körpern (*grau* oder *schwarz*) verstehen
- Interpretation der Winkelabhängigkeit von realen Körpern



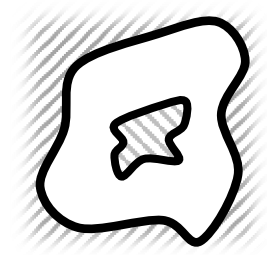
Verständnisfragen:

- ☐ In welche Anteile wird Strahlung, die auf einen Körper trifft, aufgeteilt (*realer Körper*)?
- ☐ Worin unterscheiden sich ein schwarzer, grauer und realer Körper (*wellenlängenspezifisch & winkelspezifisch*)?

## V 03: Kirchhoffsches Gesetz

Lernziele:

- Erlernen des Zusammenhangs zwischen Absorptionsgrad und Emissionsgrad
- Wissen unter welchen Bedingungen das Kirchhoffsche Gesetz " $\varepsilon = \alpha$ " (wellenlängenunabhängig) Gültigkeit besitzt



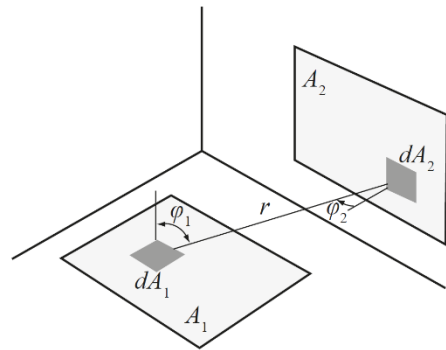
Verständnisfragen:

- ☐ Wann kann davon ausgegangen werden, dass sowohl  $\alpha(\lambda) = \varepsilon(\lambda)$  als auch  $\alpha = \varepsilon$  gilt?
- ☐ Auf welchen Strahlungsanteil bezieht sich der Emissionsgrad und auf welchen der Absorptionsgrad?
- ☐ Wenn  $\alpha(\lambda) = \varepsilon(\lambda)$  gilt, ist dann der absorbierte und emittierte Wärmestrom immer identisch? Unter welchen Bedingungen werden sie identisch?

## V 04: Einstrahlzahlen

Lernziele:

- Verständnis von abgestrahlter zu ankommender Strahlung
- Berechnung der von einer Fläche ausgehenden Strahlungsverteilung mit Hilfe einer umliegenden Halbkugel
- Sichtfaktor zwischen zwei beliebigen Flächen definieren



Verständnisfragen:

- ☐ Welche Größen setzt eine Einstrahlzahl ins Verhältnis?
- ☐ Gilt die Berechnung des Strahlungsaustauschs durch Verwendung von Sichtfaktoren, auch wenn die Körper richtungsabhängig strahlen?
- ☐ Wovon sind Einstrahlzahlen im Allgemeinen abhängig?

## V 05: Rechenregeln der Einstrahlzahlen

Lernziele:

- Erlernen der Summenregel zur Berechnung von Einstrahlzahlen
- Erlernen der Reziprozitätsbeziehung zur Berechnung von Einstrahlzahlen
- Vermögen, Symmetriebedingungen geschickt zu nutzen
- Vermögen, Hilfsebenen geschickt zu nutzen

$$\sum_j \phi_{ij} = 1$$
$$\begin{array}{c} \xrightarrow{\phi_{ij}} \\ \xleftarrow{\phi_{ji}} \end{array}$$

## Verständnisfragen:

- ☐ Welche Regeln existieren für die Berechnung von Einstrahlzahlen?
- ☐ Bei welchen Körperformen muss  $\phi_{i,i}$  berücksichtigt werden?

---

## HQ 01: Einstrahlzahl

### Lernziele:

- Üben der Berechnung von Einstrahlzahlen an einfachen 2- und 3-dimensionalen Geometrien

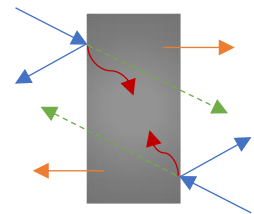


---

## V 06: Flächenhelligkeiten

### Lernziele:

- Flächenhelligkeiten und deren Bedeutung verstehen
- Erlernen und üben, Flächenhelligkeiten von Körpern und Körpersystemen zu formulieren



### Verständnisfragen:

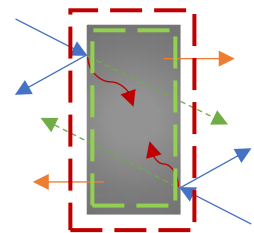
- ☐ Wie kann man Flächenhelligkeiten physikalisch deuten?
- ☐ Welche Prinzipien sollten beim Aufstellen von Flächenhelligkeiten beachtet werden?

---

## V 07: Energiebilanz

### Lernziele:

- Grundsätzliche Elemente einer Energiebilanz formulieren und Energiebilanz aufstellen
- Fähigkeit, Energiebilanzen um einen Körper aufzustellen
- Unterschied zwischen innerer und äußerer Energiebilanz verstehen



### 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?

## HQ 02: Flächenhelligkeiten

Lernziele:

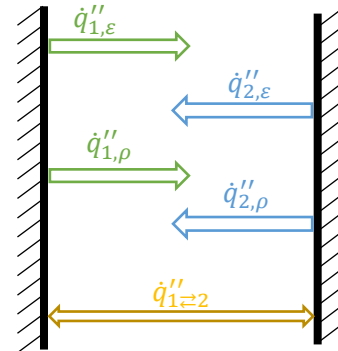
- Trainieren der Fähigkeit, Flächenhelligkeiten aufzustellen.



## V 08: Beispiel: Strahlungsaustausch zwischen zwei grauen Platten

Lernziele:

- Verständnis der Berechnung des Strahlungsaustauschs zwischen zwei Flächen mittels Strahlungsverfolgung (**Achtung, nicht sinnvoll**)
- Fähigkeit, den Strahlungsaustausch mit Hilfe der Flächenhelligkeiten zu beschreiben (**Methode der Wahl**)



Verständnisfragen:

- ☐ In welchem Fall ist die Strahlverfolgung eine sinnvolle Methode zur Berechnung?
- ☐ Warum ist die Verwendung von Flächenhelligkeiten die elegantere Methode zur Berechnung des Strahlungsaustauschs?

## VÜ 01: Aufgabe 1.1 aus dem Übungsskript „Sonnenkollektor“

Lernziele:

- Erläuterung der Äquivalenz zwischen der inneren und äußeren Energiebilanz

Verständnisfragen:

- ☐ Was trägt zur inneren und was zur äußeren Energiebilanz bei?
- ☐ Wie lässt sich eine innere in eine äußere Energiebilanz überführen?
- ☐ Wie wird wellenlängenabhängige Strahlung in einer Energiebilanz berücksichtigt?

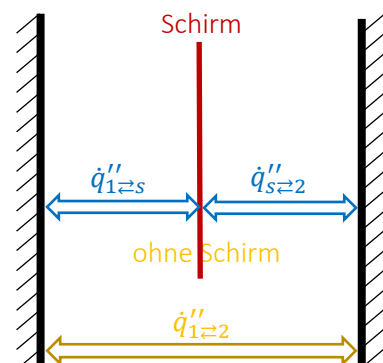
## V 09: Beispiel: Schutzschirm

Lernziele:

- Erkenntnis über die Strahlungsbeeinflussung durch die Verwendung eines Schutzschirms zwischen zwei parallelen Platten

Verständnisfragen:

- ☐ Warum reduziert sich der Strahlungsaustausch trotz eines Schwarzkörpers als Schutzschirm?



- ☐ Was passiert, wenn die drei Platten identische Strahlungseigenschaften aufweisen ( $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_s$ )?

---

### VÜ 02: Aufgabe 1.4 aus Übungsskript „keilförmiger Spalt“ & alte Klausuraufgabe „Freilandschwein“

Lernziele:

- Korrektes Aufstellen von Flächenhelligkeiten
- Erlernen des Zusammenhangs zwischen innerer Energiebilanz, äußerer Energiebilanz und Flächenhelligkeiten
- Korrektes Aufstellen von Einstrahlzahlen/Sichtfaktoren

Verständnisfragen:

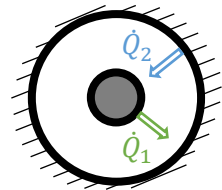
- ☐ Warum weist ein grauer und adiabater Körper im stationären Zustand „schwarz Körper Eigenschaften“ auf?

---

### V 10: Beispiel: Strahlungsaustausch zwischen zwei sich umschließenden grauen Körpern

Lernziele:

- Erlernen des Berechnungsschemas von Strahlungsaufgaben am Beispiel von umschlossenen Körpern



Verständnisfragen:

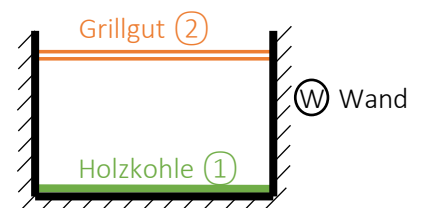
- ☐ Welche Faktoren können zu einem größeren Strahlungsaustausch bei sich umschließenden grauen Körpern beitragen?
- ☐ Welche Grenzfälle existieren und was ist deren Bedeutung?

---

### V 11: Dreikörperproblem

Lernziele:

- Erlernen des Berechnungsschemas von Strahlungsaufgaben am Beispiel eines Dreikörperproblems



Verständnisfragen:

- ☐ Wenn mehrere Körper am Strahlungsaustausch beteiligt sind, lassen sich dann bestimmte Körper zusammenfassen? In welchem Fall dürfen Körper zusammengefasst werden?

### VÜ 03: Variation der Aufgabe 1.9 Übungsskript „Deckenheizung“ & alte Klausuraufgabe „Sonnenstrahlung“

*Lernziele:*

- Korrektes verwenden des Strahlungsanteils  $F(\lambda)$  in einem bestimmten Wellenlängenbereich

*Verständnisfragen:*

- ☐ Wie können Flächenhelligkeiten in einer Energiebilanz verwendet werden?

---

### V 12: Zusammenfassung: Kochrezept Strahlungsaufgaben

*Lernziele:*

- Fähigkeit, das Berechnungsschemas zur Lösung von Strahlungsproblemen anzuwenden

*Verständnisfragen:*

- ☐ Was sind die wichtigsten Punkte, die vor der Berechnung von Strahlungsaufgaben geklärt werden müssen?

