

## Beispiel 1: Optik – Die Todesstrahlen des Archimedes

Der antike Physiker und Mathematiker Archimedes (287-212 v. Chr.) lebte in Syrakus (Sizilien). Als die Stadt von den Römern belagert wurde, setzte er seine Optikkenntnisse zur Verteidigung ein: Er soll die gekrümmten Schilde der Soldaten als Hohlspiegel benützt haben, um das Sonnenlicht auf römische Schiffe zu fokussieren und sie so in Brand zu stecken. Kann das wahr sein oder werden uns hier nur Schauermärchen erzählt?

Folgende **Angaben** stehen für die Rechnung zur Verfügung:

- Fläche des Spiegels  $1m^2$
- Winkeldurchmesser  $\varphi$  der Sonne  $0,5^\circ$
- Zündtemperatur von Holz ca.  $610 K$

Für „kleine Winkel“ kann  $\sin(\alpha) = \alpha$  ,  $\cos(\alpha) = 1$  verwendet werden.

Aber Vorsicht: das Ergebnis ist der Winkel in Radianten!

### Fragen:

1. Unter der Annahme, dass der Krümmungsradius viel größer ist, als die Abmessungen des Spiegels: wie groß ist die **Brennweite**  $f$  des Hohlspiegels in Abhängigkeit des Krümmungsradius  $r$ ?
  - I. [1 P] Angabe der Brennweite in der Form  $f(r)$
  - II. [1,5 P] Zusatzpunkte für die Herleitung der Formel
2. [1,5 P] Nach welcher Funktion hängt der **Sehwinkel**  $\varphi$ , unter dem wir die Sonne wahrnehmen, mit Bildgröße  $B$  und Bildweite  $b$  zusammen?
3. [1,5 P] Unter Annahme von  $30 m$  Brennweite, wie groß ist das durch den Hohlspiegel erzeugte **Bild** der Sonne (unter Vernachlässigung aller Abbildungsfehler; nimm an, dass die Lichtstrahlen in diesem Fall parallel einfallen)?
4. [1 P] Wie groß ist das Verhältnis der **Leistungsdichte** (gemeint ist die Flächenleistungsdichte in  $W/m^2$ ) im „Brennfleck“ zur einfallenden Leistungsdichte auf den ganzen Spiegel?
5. [1 P] Der Körper stellt sich auf eine Temperatur ein, bei der die Abstrahlung vom Körper gleich der Einstrahlung auf ihn ist. Wie hängt die **abgestrahlte Leistungsdichte** von der **Temperatur** ab (Stefan-Boltzmann-Gesetz)?
6. [2 P] Bei normaler Sonneneinstrahlung haben die Schiffsplanken eine Temperatur  $T_1=320 K$ . Wird auf die Planken fokussiert, erhöht sich die Temperatur so lange, bis Einstrahlung und Abstrahlung gleich groß sind. Welche **Temperatur**  $T_2$  herrscht dann im „Brennfleck“? Gib die Temperatur in Kelvin- und Celsius-Einheiten an.

### Gesamtfragestellung

[0,5 P] Ist es **physikalisch** möglich, die Schiffsplanken auf diese Art in Flammen zu setzen?