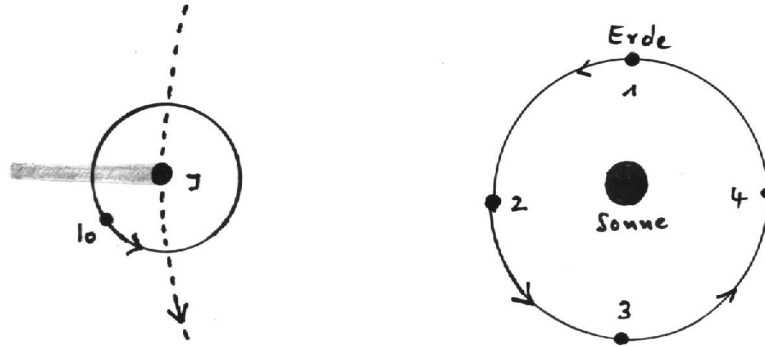


## Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit

### Die astronomische Methode von Olaf Roemer (1644 - 1710)

Für die Schifffahrt ist die genaue Bestimmung der Zeit von größter Bedeutung, denn damit kann man die geographische Länge ermitteln. Galilei (1564 - 1642) hat dazu vorgeschlagen, die Umläufe des Jupitermondes Io zu tabellieren. So legte der französische Astronom Giovanni Cassini die Verfinsterung der Jupitermonde in Zeittafeln nieder. Mit Hilfe der 1657 von Huygens entwickelten Pendeluhr wollte Ole Roemer 1676 diese Zeittafeln verbessern, stellte aber bei seinen Beobachtungen merkwürdige Abweichungen bei den Verfinsterungen des Mondes Io fest.



Io benötigt für einen Umlauf um Jupiter etwa 42 h 28,6 min. Diese Umlaufdauer beobachtet man auf der Erde, wenn diese sich an den Positionen 2 und 4 (siehe Bild) befindet.

An der Position 1 scheint die Umlaufdauer des Mondes Io etwa 20 s kürzer, an der Position 3 dagegen ca. 20 s länger zu sein.

Auf dem Weg der Erde von Position 2 nach Position 4 geht damit die "Jupiter-Io-Uhr" um insgesamt etwa 22 Minuten nach; auf dem Weg von 4 zu 2 holt die "Jupiter-Io-Uhr" diese 22 Minuten wieder auf.

Ole Roemer versuchte seine Beobachtung mit einer endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c$  von Licht zu erklären. Für den Radius der Erdbahn verwendete er für seine Berechnung von  $c$  den nicht ganz korrekten Wert von 140 Millionen Kilometern.

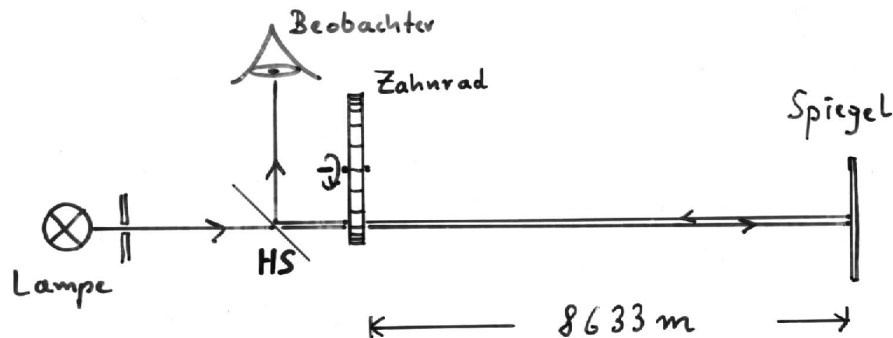
### Aufgaben:

- 1) Wie kann man die unterschiedlichen Beobachtungszeiten für die Io-Umläufe erklären?
- 2) Welchen Wert konnte Ole Roemer für  $c$  aufgrund der 20-Sekunden-Zeitverzögerung in Position 1 bzw. Position 3 errechnen?
- 3) Welchen Wert konnte Ole Roemer für  $c$  aufgrund der 22-Minuten-Zeitverzögerung zwischen Position 2 und 4 errechnen?
- 4) Der Wert der Lichtgeschwindigkeit ist heute viel genauer bekannt. Welche Zeitabweichungen ergeben sich, wenn man mit  $c = 3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  und 150 Millionen Kilometer für den Erdbahnradius rechnet?
- 5) Wie konnte Ole Roemer feststellen, dass sich die Erde an einer der Positionen 1 bis 4 befand? Warum sind Beobachtungen in Position 4 nur sehr schwer durchführbar bzw. unmöglich?

## Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit

### Die terrestrische Methode von Fizeau

Die erste Messung der Lichtgeschwindigkeit auf der Erde (terrestrische Methode) gelang im Jahre 1848 Hippolyte Fizeau (1819 - 1896) in Paris. Er ließ das Licht auf einer fast 9 km langen Strecke laufen. Die Unterbrechung des Lichtes - d.h. die Erzeugung von kurzen Lichtblitzen - erfolgte durch ein sich drehendes Zahnrad mit 720 Zähnen. Zähne und Lücken des Zahnrades haben dabei die gleiche Breite.



Dreht sich das Zahnrad nicht oder nur sehr langsam, so kann das Licht, welches von der Quelle über den halbdurchlässigen Spiegel (HS) durch eine Zahnradlücke zum entfernten Spiegel läuft, ins Auge des Beobachters gelangen, da das Licht so schnell ist, dass es beim Rücklauf noch die gleiche Lücke passieren kann. Jeder Lichtblitz gelangt also ins Auge des Beobachters, der bei sehr langsamer Zahnradrotation die Lampe im Takt der Zahnfolge aufblitzen sieht. Bei schneller Umdrehung kommt unser Auge bei den Hell-Dunkel-Wechseln nicht mehr mit, es sieht eine "mittlere" Helligkeit.

Erhöht man die Drehgeschwindigkeit des Zahnrades, so stellt der Beobachter aber schließlich Dunkelheit fest. Dies konnte Fizeau erstmals bei 12,6 vollen Umdrehungen des Zahnrades pro Sekunde feststellen.

### Aufgaben:

- 1) Erkläre, warum beim Erhöhen der Drehgeschwindigkeit des Zahnrades Dunkelheit auftritt. Was geschieht, wenn man die Drehzahl pro Sekunde weiter erhöht?
- 2) Berechne aus den angegebenen Daten die Lichtgeschwindigkeit.
- 3) Welche technischen Probleme waren deiner Meinung nach für Fizeau besonders schwer zu lösen?

### Zusatzaufgabe für Experten: $E = m \cdot c^2$

Die Einstein-Formel  $E = mc^2$  ist dir vermutlich bekannt. Diese wichtige Formel aus der sogenannten Relativitätstheorie besagt, dass die Masse  $m$  eines beliebigen Stoffes einer enorm großen Energie  $E = mc^2$  entspricht.

- 1) Berechne, wie lange man eine 100W-Glühlampe mit der in einem Gramm enthaltenen Energie betreiben könnte. (Denke bei der Einheitenrechnung an  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$ )
- 2) Sind dir physikalische Vorgänge bekannt, bei denen Masse vollständig in Energie umgewandelt wird?