

## CLUB APOLLO 13, 16. Wettbewerb Aufgabe 1

Diese Aufgabe wird vom Fachbereich Physik der Leibniz Universität Hannover gestellt.

Weitere Informationen zum Angebot der Physik für Schülerinnen und Schüler findet ihr unter <http://www.praktikumphysik.uni-hannover.de/SuS>

### Wasser im Honig?

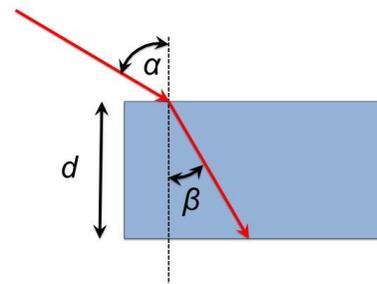
Die *deutsche Honigverordnung* (vom 16.01.04) schreibt für Blütenhonig einen Zuckergehalt (Fructose+Glukose) von mindestens 60g/100g und einen Wassergehalt von maximal 20% vor. Aber wie testet der Imker den Zuckergehalt?

Je weniger Wasser beispielsweise der Honig enthält, desto viskoser ist er. Bei der Kegelprobe (Abb. 1) fällt wässriger Honig, der noch nicht reif zur Ernte ist, durch sehr flache Kegel auf. Neben einem solchen traditionellen Viskositätstest können Imker heute auch **Handrefraktometer** verwenden, die aus der gemessenen Brechkraft des Honigs den Wassergehalt bestimmen. Der physikalische Hintergrund ist ... das bekommt ihr selbst heraus!

In dieser Aufgabe geht es um das optische Phänomen der Lichtbrechung, das diesen Geräten zugrunde liegt. Ihr werdet ein **Refraktometer** selbst bauen, es austesten und die Wirkung unterschiedlicher Zuckerkonzentrationen messen.



1 Fließkegel bei Honig



2 Das Phänomen der Lichtbrechung

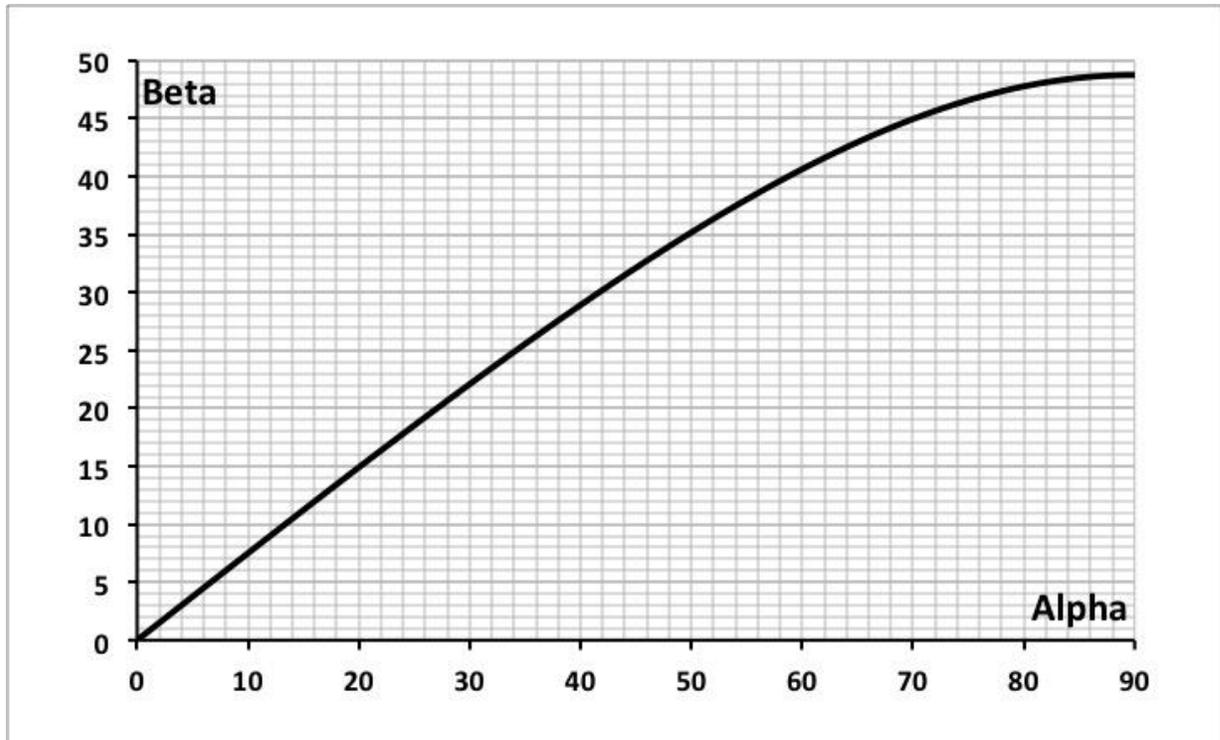
### Die Brechzahl $n$ (auch Brechungsindex genannt)

Trifft ein Lichtbündel unter dem Winkel  $\alpha$  zum Lot auf eine Grenzschicht zwischen zwei Materialien, so wird das Bündel in der Regel seine Ausbreitungsrichtung ändern. Ist der Winkel  $\beta$  jenseits der Grenzschicht kleiner als  $\alpha$  (Abb. 2), nennt man das Medium jenseits der Grenzschicht optisch dichter. Die physikalische Ursache für das Phänomen ist ... aber das bekommt ihr selbst heraus! Die optische Dichte eines Mediums wird durch die Brechzahl  $n$  beschrieben. Luft hat eine Brechzahl von  $n_{\text{Luft}} = 1,0000$ . Ein Material mit größerer optischer Dichte hat eine größere Brechzahl, destilliertes Wasser hat beispielsweise eine Brechzahl  $n = 1,3300$ .

Das Verhältnis der Brechzahlen bestimmt den Zusammenhang zwischen den beiden Winkeln  $\alpha$  und  $\beta$ . Für diejenigen, die die trigonometrischen Funktionen noch nicht behandelt haben: Abb. 3 zeigt diesen Zusammenhang am Beispiel von destilliertem Wasser als Grafik.

Für diejenigen, die die Sinusfunktion schon kennen hier das Brechungsgesetz als Formel:

$$n_{\text{Luft}} \cdot \sin \alpha = n_{\text{Glas}} \cdot \sin \beta$$



3 Das Brechungsgesetz für destilliertes Wasser; die Winkel sind in Grad angegeben

**a) Grundlagenteil (10 Punkte):  
Lichtbrechung recherchieren und den  
Aufbau realisieren**

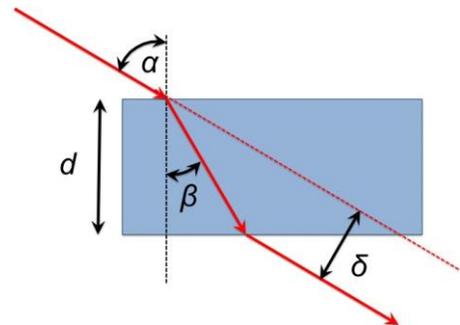
**Aufbau des Refraktometers (Abb. 4/5):** Ihr benötigt einen kleinen rechtwinkligen Wassertrog aus transparentem Material (ca. 5 cm hoch, 5 cm breit und 15 cm lang, die genauen Maße sind nicht wichtig, die Breite  $d$  müsst ihr jedoch genau messen und sie sollte nicht unter 5 cm liegen). Als Lichtquelle eignen sich rote Laserpointer ausgezeichnet.

**Experimente ohne Laserpointer**

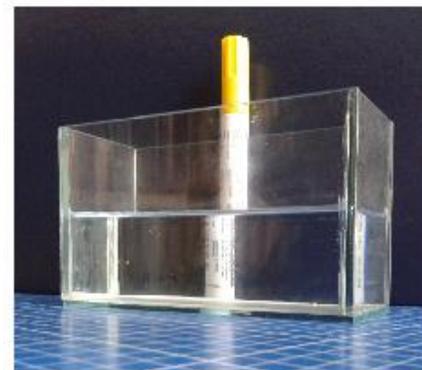
Abb. 5 zeigt das Phänomen, um das es hier geht, vorerst ohne Laser. Im Trog befindet sich Wasser und ihr betrachtet den Gegenstand, der hinter dem Trog steht, durch den schräg im Lichtweg stehenden Trog.

**Aufgabe1**

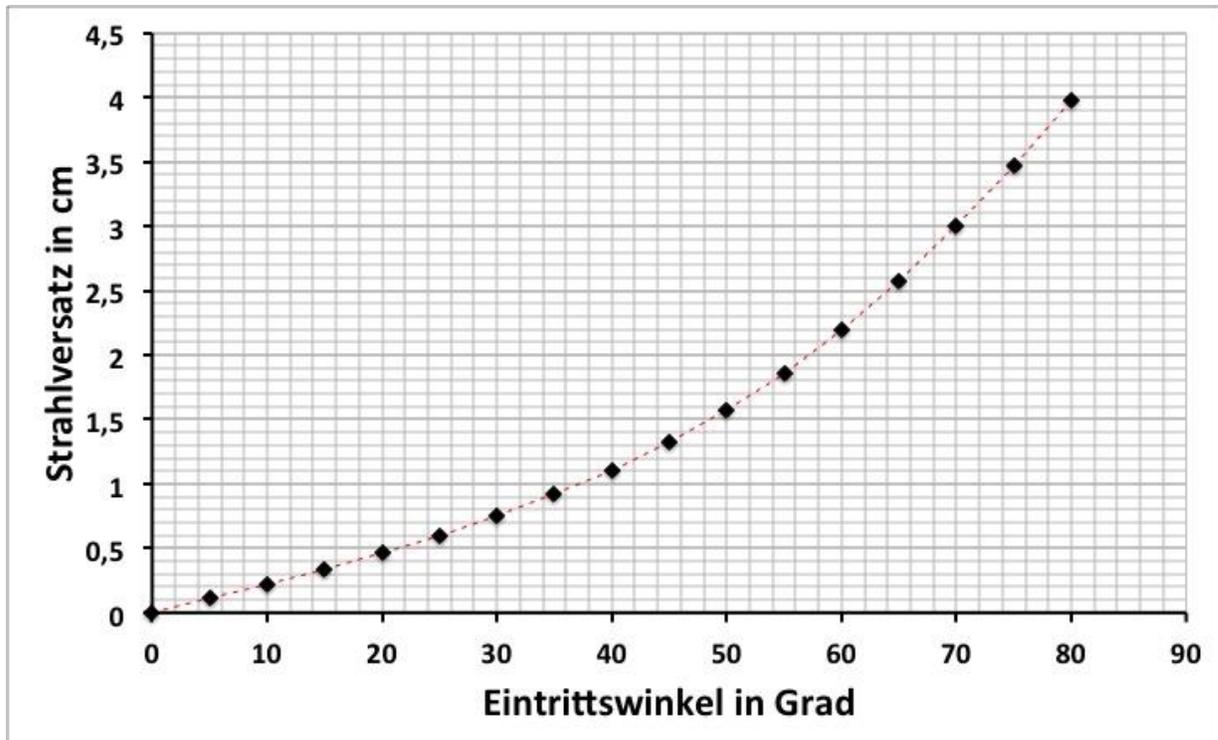
- (a) Welche physikalische Erklärung findet ihr zum Phänomen der Lichtbrechung? Schreibt sie in euren eigenen Worten kurz auf.
- (b) Baut den Versuch nach Abb. 5 auf und fotografiert das Ergebnis für unterschiedliche Stellwinkel des Trogs. Beschreibt eure Beobachtungen.
- (c) Macht eine Zeichnung zum Versuch, in die ihr einige Lichtbündel einzeichnet, die vom Gegenstand durch den Trog in euer Auge fallen. (Hilfe: Abb. 4).



4 Der Knick im Lichtweg



5 Der Knick im Lichtweg; der Stift steht **nicht** im Trog



6 Der Strahlversatz als Funktion des Eintrittswinkels  $\alpha$ ; Flüssigkeit: Destilliertes Wasser, Breite des Trogs:  $d = XX$  cm

### b) Mittlerer Teil (10 Punkte): Messungen

Wahrscheinlich habt ihr den Knick im Strahlengang gut beobachtet und könnt jetzt einen Schritt weiter in der systematischen Erkundung des Phänomens gehen.

In diesem zweiten Teil der Experimente sollt ihr systematisch den Eintrittswinkel  $\alpha$  variieren und die Veränderungen dokumentieren. Abb. 6 zeigt typische Ergebnisse.

Um den Winkel  $\alpha$  und den Strahlversatz  $\delta$  gut messen zu können, stellt ihr den Trog auf Millimeterpapier. Überlegt euch, wie ihr den Strahlversatz messen wollt. Um den Laserpointer auf dem Arbeitstisch zu platzieren, eignen sich Füße aus Knete gut.

#### Aufgabe 2

(a) Baut den Versuch auf (hier nur destilliertes oder sauberes Leitungswasser) und experimentiert mit dem Eintrittswinkel  $\alpha$ . Fertigt eine Zeichnung eurer Messergebnisse an:  $\delta = \delta(\alpha)$ ?

(b) Bei welchem Eintrittswinkel  $\alpha$  ist  $\delta = d/2$ ?

(c) Das Diagramm Abb. 6 wurde für Wasser mit einer Brechzahl  $n = 1,33$  berechnet. Leider wurde vergessen, die Breite des Trogs zu notieren. Könnt ihr eine Schätzung für den vermutlichen Wert für  $d$  abgeben?

Demonstriert eure Versuche mit Fotos.

Zusatz (außerhalb der Bewertung): Wenn ihr über zwei Laserpointer mit unterschiedlichen Farben verfügt, probiert einmal aus, ob es Unterschiede bei den Ergebnissen gibt.

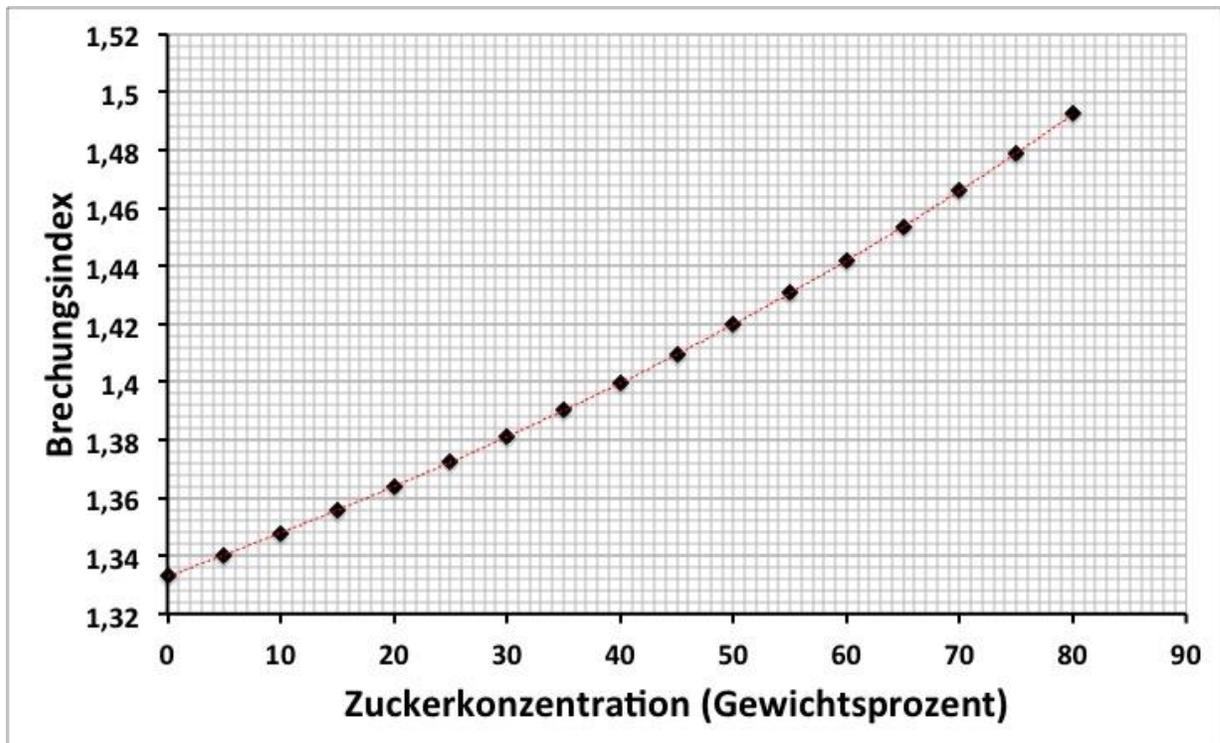
**Für die Profis (10 Punkte): Hilfen für den Imker**

**Aufgabe 3**

(a) Jetzt wird es spannend: Eignet sich der Aufbau auch dazu, den Wasseranteil in einer Zuckerlösung zu bestimmen? Stellt zur experimentellen Klärung dieser Frage Zuckerlösungen zunehmender Konzentration her. Messreihe: Stellt einen festen Eintrittswinkel  $\alpha = 60^\circ$  ein und bestimmt den Strahlversatz für Konzentrationen  $C$  (Gewichtsprozente) zwischen 0 und 80 % (in Schritten zu 10 %). Fertigt eine Zeichnung (ähnlich zu Abb. 7) eurer Ergebnisse an:  $\delta = \delta(C)$ . Ein Hersteller kommerzieller Refraktometer behauptet: Die Beziehung zwischen  $\delta$  und  $C$  sei linear. Stimmt ihr ihm zu?

(b) Gar nicht so einfach ist die theoretische Erklärung des Strahlversatzes. Leitet den Zusammenhang zwischen  $\alpha$ ,  $d$  und  $\delta$  her. Hilfe: Ihr benötigt die Definition der Winkelfunktionen und das Brechungsgesetz; hier steht die fertige Formel <https://de.wikipedia.org/wiki/Planplatte>. Überprüft mit dieser Formel eure Schätzung für die Trogbreite  $d$  aus Aufgabe 2(c).

(c) Mithilfe der Formel könnt ihr aus euren Messungen den Brechungsindex als Funktion der Konzentration bestimmen. Führt diese Rechnung durch und zeichnet euer Ergebnis. Vergleicht eure Ergebnisse mit Abb. 7.



7 Brechungsindex (=Brechzahl) als Funktion der Zuckerkonzentration

**Hinweis**

Versucht bei euren Messungen die Temperatur der Zuckerlösungen konstant zu halten. Die Temperatur beeinflusst den Brechungsindex (Korrektur: etwa  $-0,07$  pro Grad unter  $20^\circ\text{C}$  und  $+0,07$  pro Grad über  $20^\circ\text{C}$ ).

---

## Allgemeine Hinweise

**Einsendeschluss: Sonntag, 16. Oktober 2016, 19:59 Uhr.**

Gebt eure Lösungen über das Portal von uniKIK ab: <http://www.unikik-portal.de/portal>

Zulässige Dateiformate sind: PDF für die zusammengeschriebene Lösung (mit eingebetteten Bildern), sowie unter Windows gängige Videoformate, die sich ohne Installation von zusätzlicher Software abspielen lassen, z. B. mp4.

Die Dateien sollten nicht größer als 7,5 MB sein (die Dateien können gezippt sein)! Bitte gebt auch euren Teamnamen, die Namen der Gruppenmitglieder sowie deren Schulen an. Bitte benennt eure hochgeladenen Dateien nach dem Gruppennamen.

**ACHTUNG bei Zip-Dateien!** Um sicher zu gehen, dass eure Dateien wirklich fehlerfrei und für die Korrektoren/-innen zu öffnen sind, solltet ihr eure Zip-Dateien etc. noch mal von eurem Account herunterladen und öffnen. Dateien, die sich nicht öffnen lassen, können nicht bewertet werden!

Gebt eure Lösungen auch dann ab, wenn ihr nicht alle Fragen beantworten konntet! Vielleicht gelingt euch das ja bei den kommenden Aufgaben.

Die Teilnahmebedingungen und weitere Informationen findet ihr unter: <http://www.unikik.de/apollo13>.  
Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.