

52. Kontaktlinsen: Bestimmung der Adhäsionskräfte

| Klassenstufe | Oberthemen | Unterthemen | Anforderungs- niveau | Durchführungs- niveau | Vorlauf Vorbereitung Durchführung |
|--------------|------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|---|
| O, SI | Mechanik | Oberflächenspannung Kapillarität | ●●● | ■ ■ | 1 Tag ca. 30 min. ca. 30 min. |

Bestimmung des Betrags von Adhäsionskräften am Beispiel des Systems Kontaktlinse-Auge.

Materialien

- Stativmaterial
- Federkraftmesser (bis max. 0,1 N)
- Flüssigkeiten (Salzwasser, Leitungswasser)
- Modelle (Kontaktlinse, Glasplättchen, rauhe und glatte Unterlagen, Rinder- oder Schweinsauge, alternativ Squashball)
- Kontaktlinsenabzieher¹
- Faden (ca. 50 cm lang)
- Drehkurbel
- Umlenkrolle

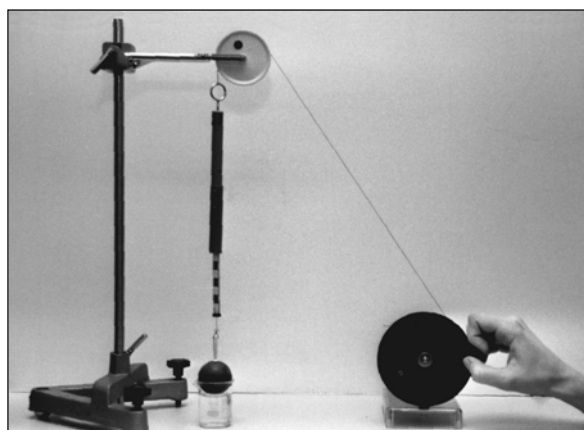


Abb. 1: Gesamtaufbau

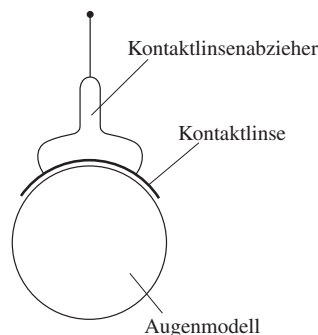


Abb. 2: Versuchsdetail mit Anordnung von Kontaktlinse und Augenmodell

Vorbereitung

Bei jedem Schlachthof sind Schweins- oder Rinderaugen erhältlich, die es erlauben, den realen Abziehvorgang einer Kontaktlinse vom Auge nachzuvollziehen. Die Kontaktlinse haftet aber fast ebensogut an einem Squashball, da dessen Durchmesser (4-5 cm) etwa dem Krümmungsradius einer Kontaktlinse (ca. 3,5-4 cm) entspricht.

Der Kontaktlinsenabzieher wird mit einem Stück Draht an dem Kraftmesser befestigt. Sein Sauger sorgt für einen festen Sitz von Kontaktlinse oder Glasplättchen.

Durchführung

Ein Gummiball wird mit Hilfe einer Pipette mit Flüssigkeit benetzt, und die Kontaktlinse wird aufgelegt. Die Kraft, mit der die Kontaktlinse festgehalten wird, wird mit dem Kraftmesser gemessen, den man vorsichtig nach oben bewegt. Reproduzierbare Ergebnisse erhält man mit dem abgebildeten experimentellen Aufbau. Da sich die beiden Körper voneinander lösen, wenn Luft nachströmt, sollte die Kraft senkrecht zur Fläche wirken.

¹ Erhältlich beim Augenoptiker.

Um ein idealisiertes Augenmodell zu veranschaulichen, bei dem der innere Krümmungsradius der Kontaktlinse und der Radius der Hornhaut übereinstimmen, können auch zwei ebene Platten herangezogen werden, deren Krümmungsradius als unendlich angesehen wird. In der bereits beschriebenen Weise werden die Platten mit Flüssigkeit benetzt, das obere Plättchen an dem Sauger befestigt und die resultierende Kraft gemessen.

Das Abziehen der Kontaktlinse am menschlichen Auge ist aus Sicherheitsgründen zu vermeiden: Die Hornhaut könnte verletzt oder die Kontaktlinse weggeschleudert werden.

Die wirkenden Adhäsionskräfte sind von einer Anzahl von Faktoren abhängig, z. B. von der Zusammensetzung der Flüssigkeit zwischen den beiden Oberflächen und der Dicke des Flüssigkeitsfilms, von dem Material und den Krümmungsradien der Modelle sowie von dem Druck, mit dem die beiden Körper aneinander gedrückt wurden.

Es können verschieden große Adhäsionskräfte gemessen werden. Die Kraft, mit der eine Kontaktlinse am Schweinsauge haftet, beträgt etwa 0,08 N. Beim Squashball werden ungefähr 0,06 N gemessen. Die Kraft zwischen zwei ebenen Glasplättchen beträgt ca. 0,03 N.

Beschreibung/Erklärung

Eine Abhängigkeit der Kraft zeigt sich von der Menge der verwendeten Kontaktflüssigkeit. Es sollte daher möglichst mit der gleichen Flüssigkeitsmenge zwischen den Versuchsobjekten gemessen werden, was am besten durch das Verwenden einer Pipette erreicht werden kann.

Wird die Kontaktlinse nicht senkrecht abgezogen, können die Ergebnisse ebenfalls stark variieren: Die Kontaktlinse löst sich sofort vom Auge, sobald Luft unter sie strömt. Zieht man sie dagegen senkrecht nach oben, so bildet sich zuerst am Rand ein Flüssigkeitsfilm, der durch das Nach-oben-ziehen immer dünner wird und plötzlich zu reißen beginnt.

Drückt man die Kontaktlinse unterschiedlich fest an einen elastischen Körper, so wird eine unterschiedliche Luftmenge herausgedrängt. Je mehr Luft zwischen ihnen eingeschlossen ist, desto schneller löst sich die Kontaktlinse.

Abschätzung

Bei bekannten Werten der Kontaktlinsenoberfläche und benötigter Kraft, die zur Ablösung erforderlich ist, kann die daraus resultierende Zugspannung berechnet werden. Mit einem Mittelwert von 0,07 N für Schweinsauge und Squashball ergibt sich:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{0,07 \text{ N}}{0,56 \text{ cm}^2} = 0,125 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 1250 \text{ Pa.}$$

Dieser Druck ist vergleichbar mit dem Schweredruck einer Wassersäule der Höhe von etwa 12,5 cm. Zum Vergleich: der Luftdruck am Erdboden beträgt etwa 100 000 Pa (≈ 1 bar) und entspricht einer Wassersäule von etwa 10 m.

Methodischer Einsatz

Der Versuch kann von den Schülerinnen und Schülern selbst durchgeführt werden. Um sie stärker zu motivieren, sollten sie zum Mitbringen eigener Gegenstände aufgefordert werden, an denen sie die Adhäsionskraft selbst bestimmen.