|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Denkanstoß** | **Tipps zur experimentellen Umsetzung** |
| Allgemeine Hilfen | Je öfter ihr einen Versuch durchführt, desto sicherer ist euer Ergebnis. Führt jeden Versuch mindestens drei Mal durch. | Dies kann auch bedeuten, dass drei verschiedene Gruppenmitglieder ihre Beobachtungen den Anderen beschreiben. |
|  | Ihr solltet immer nur einen Teil des Versuchsaufbaus ändern, da ihr sonst nicht sicher sein könnt, welche Änderung zu dem Ergebnis des Versuches geführt hat (man nennt das *Variablenkontrolle*). | Ihr solltet beispielsweise nicht gleichzeitig etwas an der Pyramide und dem Video ändern. |
|  | Am einfachsten ist es, wenn ihr Gegenbeispiele für Eure Vermutungen sucht, diese testet und schaut, ob Eure Erklärung weiterhin funktioniert. | Wenn ihr beispielsweise vermutet, dass die Uhrzeit (z.B. 8 Uhr morgens) der Grund für die Entstehung des Bildes ist, dann solltet ihr den Versuch nicht immer nur morgens um 8 Uhr wiederholen. Ihr solltet auch prüfen, was passiert, wenn man den Versuch eben **nicht** um 8 Uhr, sondern z.B. um 10 Uhr macht. |
| „Das Bild setzt sich aus vier Bildern zusammen“ | Wenn Eure Vermutung korrekt ist, sollte es nicht möglich sein, ein Bild auch nur mit 1, 2 oder 3 Bildern zu erzeugen.  Könnt ihr Eure Versuchsanordnung so ändern, dass weniger als vier Bilder vorhanden sind? | Nutzt Material (z.B. Pappe) und deckt damit auf dem Smartphone 1, 2 oder 3 Bilder ab.  Seht ihr jetzt ein Hologramm?  Denkt daran verschiedene Blickwinkel bei der Beobachtung einzunehmen. |
|  | Was müsste nach Eurer Vermutung passieren, wenn nicht alle Bilder identisch sind? Könnt ihr Eure Versuchsanordnung entsprechend verändern? | Sucht auf YouTube „Frozen, HoloQuad 3D“, hier solltet ihr ein Video ﬁnden, bei dem nicht alle 4 Bilder identisch sind.  Denkt daran verschiedene Blickwinkel bei der Beobachtung einzunehmen. |
| „Ohne Pyramiden-Form kann kein Bild entstehen“ | Wenn Eure Vermutung korrekt ist, sollte es ohne Pyramide nicht möglich sein, ein Bild zu erzeugen. Nutzt das vorliegende Experimentiermaterial und versucht, ohne Pyramide ein Hologramm zu sehen. | Nutzt z.B. eine CD-Hülle oder ein Stück Overhead-Folie und haltet sie schräg über das Smartphone. Was seht ihr? Denkt daran verschiedene Blickwinkel bei der Beobachtung einzunehmen. |
|  | Wenn Eure Vermutung korrekt ist, sollte es ohne Pyramide nicht möglich sein, ein Bild zu erzeugen. Ändert die Form der Pyramide. | Nutzt z.B. eine Pyramide mit z. B. dreieckiger Grundﬂäche oder ändert den Winkel der Seitenflächen. Ihr könntet auch Kegel, Zylinder oder andere Körper basteln. |
| „Das Bild setzt sich im Auge zusammen“ | Wenn Eure Vermutung korrekt ist, müsste man ohne direkt Verbindung zu Euren Augen das Bild nicht mehr sehen können: Gibt es Dinge, die ihr zwischen die Pyramide und euch halten könnt, so dass es keine direkte Verbindung zwischen eurem Auge und dem Smartphone gibt, ihr sie aber immer noch sehen könnt? | Ihr könntet einen Spiegel oder eine Overheadfolie nutzen oder das Smartphone durch die Kamerafunktion eines Handys betrachten. |
|  | Wenn Eure Vermutung korrekt ist, müsste man ohne direkt Verbindung zu Euren Augen das Bild nicht mehr sehen können: Gibt es eine Möglichkeit, dass ihr den Versuch nicht bei der Durchführung, sondern erst später betrachtet? | Nehmt den Versuch mit einem Handy auf. Gibt es Unterschiede, ob ihr Fotos oder Videos macht? |
| „Der Hintergrund muss schwarz sein, damit das Bild entsteht“ | Wenn Eure Vermutung korrekt ist, dürfte das Bild bei andersfarbigem Hintergrund nicht zu sehen sein. Probiert das aus! | Sucht auf YouTube „3D Hologramm: A Tour Of The Solar System“ Die Sonne in Sekunde 15-23 hat einen gelben Hintergrund. Ändert dies das Ergebnis? |
|  | Wenn Eure Vermutung korrekt ist, dürfte das Bild bei andersfarbigem Hintergrund nicht zu sehen sein. Probiert das aus! | 1. Geht in die Einstellungen in dem Tablet/Handy 2. Wählt „Bedienungshilfen“ aus 3. Wählt „Farbe und Bewegung" aus 4. Aktiviert die Farbumkehr 5. Öﬀnet euer Video |
| „Die Folie muss durchsichtig sein“ | Wenn Eure Vermutung korrekt ist, dann dürften ihr bei nicht durchsichtigen Materialien kein Bild sehen. Probiert das aus! | Bastelt die Pyramide z.B. aus verschiedenen Folien oder aus Spiegeln. |
| „Das Licht wird innerhalb der Pyramide mehrfach abgelenkt“ | Wenn Eure Vermutung korrekt ist, dann sollte kein Bild zu sehen sein, wenn die Ablenkung innerhalb der Pyramide verhindert wird.  Könnt ihr etwas in der Pyramide verändern, so dass es nicht möglich ist, dass das Licht innerhalb der Pyramide abgelenkt wird? | Ihr könntet euch ein Stück Karton nehmen und in die Mitte der Pyramide stellen. |
| „Das Licht wird an der Pyramide umgeleitet“ | Wenn Eure Vermutung korrekt ist, dann sollte kein Bild zu sehen sein, wenn die Ablenkung an der Pyramide verhindert wird.  Kann man die Umleitung durch Nutzung des bereitgestellten Materials verhindern? | Nutzt z.B. den Karton, um die Seite der Pyramidenwände abzudecken, von der ihr glaubt, dass das Licht an ihr umgeleitet wird. Wiederholt dies mit der anderen Seite: macht dies für den Effekt einen Unterschied? |

*Yvonne Webersen, Emma Schuh* [*CC BY-SA 4.0*](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/?ref=chooser-v1)