

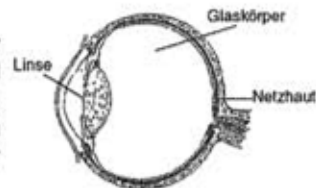
Facettenaugen-Brille

Wie können Insekten optisch ihre Umwelt wahrnehmen? Die Facettenaugen-Brille versucht einen Einblick in diesen schwer zu vermittelnden Vorgang zu geben.

Diese biologische Facettenaugen-Brille ist nicht zu verwechseln mit den auf dem Allgemeinmarkt erhältlichen, billigen Kaleidoskop-Brillen, da bei diesen der bedeutsame und entscheidende zweite Schritt (zweiter Teil der Versuche S. 4) zur Darstellung des wirklichen Komplexaugenbildes nicht durchführbar ist.

Hintergrundinformationen:

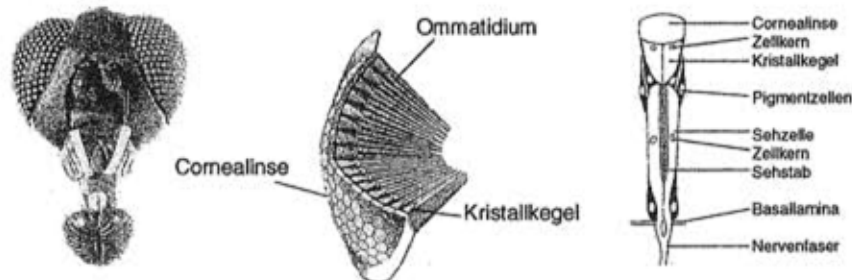
Im menschlichen Auge (Linsenauge) entsteht auf der Netzhaut ein umgekehrtes („kopfstehendes“) und seitenverkehrtes, verkleinertes Bild der Umgebung. Weil die Brechkraft der Linse veränderlich ist, können nahe oder ferne Gegenstände jeweils scharf auf der Netzhaut abgebildet werden (Akkommodation).



Längsschnitt durch das Linsenauge eines Wirbeltieres

Komplexaugen (Facettenaugen) von Gliederfüßern (z.B. Insekten) bestehen aus vielen Einzelaugen (sog. Ommatidien), die halbkugelig angeordnet sind. Ein Auge der Stubenfliege umfasst bis zu 4.000 Einzelaugen. Bei den Libellen sind es mehr als 10.000. Ein Ameisenauge dagegen besteht nur aus ca. 25!! Ommatidien.

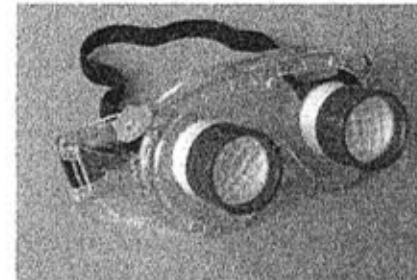
Jedes Ommatidium besitzt eine Chitinlinse (Corneallinse), die zusammen mit einem Kristallkegel den optischen Apparat bildet. Dieser kann zwar einen Teil der Umgebung abbilden. Weil aber nur ein stabförmiges Sehelement (Sehstab) vorhanden ist, entsteht im einzelnen Ommatidium nur ein Blickpunkt. Das Auflösungsvermögen beim Komplexauge wird von der Zahl dieser Ommatidien bestimmt. Je mehr Ommatidien pro Raumwinkel gegeben sind, umso feiner ist das Punktraster. Und damit das räumliche Auflösungsvermögen. Ein Fliegenauge kann daher ein wesentlich schärferes Bild erzeugen als das Komplexauge einer Ameise. Im Gegensatz zum Linsenauge liefert das Insektenauge ein seitenrichtiges Bild.



Komplexauge einer Fliege

Schnitt durch ein Komplexauge

Querschnitt durch ein Ommatidium

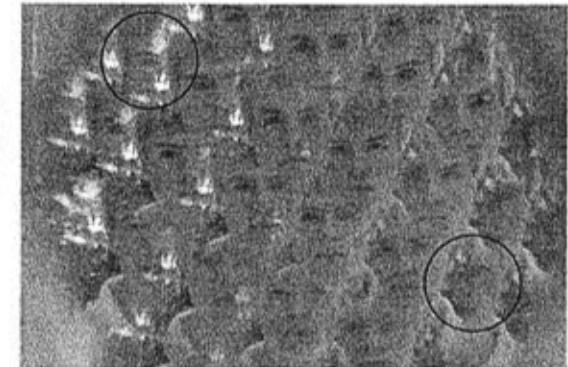


Die Facettenaugen-Brille

besitzt ein rechtes und linkes Komplexaugenmodell mit je ca. 25 (ähnlich einer Ameise) halbkugelig angeordneten Linsen. Jede Linse steht für ein Ommatidium. In der Natur sind die Linsen hexagonal ausgebildet. - Vereinfachend verwendet das Modell quadratische Linsen. Die blauen Manschetten an der Brille sind nur zum Schutz gegen Beschädigungen der Komplexaugen angebracht - in der Natur gibt es sie nicht.

Erster Teil der Versuche

Es empfiehlt sich, dass der Lehrer die Versuche zunächst einmal selbst vor Ort durchprobiert, um die richtigen Objekte und die richtigen Beleuchtungen herauszufinden.

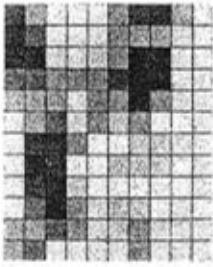


Setzen Sie die Brille auf und wählen Sie sich als Objekt z.B. den Kopf eines Menschen aus oder stellen Sie eine kleine möglichst farbige Flasche auf einen weißen Bogen. Am geeignetsten ist aber eine brennende Kerze! Nun erkennen Sie pro Einzelaugen ca. 25 kleine Bilder des ausgesuchten Objektes. Da die Linsen auf einer Kugeloberfläche angeordnet sind (siehe Brille), sehen Sie die einzelnen Bildchen aus etwas verschiedenen Perspektiven, - d.h. das Bildchen unten rechts gibt einen anderen Ausschnitt wieder als z.B. oben links. (Siehe obiges Bild)

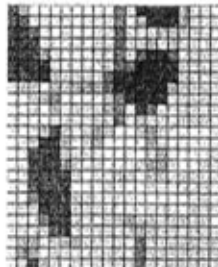
Bewegen Sie aber dabei die Brille nicht; denn das verändert sofort die Bildausschnitte.

Was sagen die vielen Einzelbilder aus?:

Die Komplexbrille vermittelt dem Schüler, dass die verschiedenen Ommatidien unterschiedliche Umweltausschnitte erfassen. Es wird gezeigt, welche Bilder die Ommatidien liefern würden, wenn sie nach dem Prinzip des Linsenauges arbeiten würden. Aber das ist bei einem Komplexauge natürlich nicht der Fall, da durch einen Sehstab kein Bild, sondern nur ein Bildpunkt, und durch viele Sehstäbe (Ommatidien) nur ein Rasterbild entsteht (siehe nächste Seite oben). - Wir haben dieses erste „Brillenbild“ also nur als eine zwischenzeitliche Information betrachtet und setzen unsere Versuche, die zu einer klaren Darlegung führen, auf Seite 4 unter „Zweiter Teil der Versuche“ fort.



Bei wenigen Einzelaugen entsteht ein grobes Punkteraster (z.B. Ameise)



Bei vielen Einzelaugen entsteht ein detailliertes Punkterasterbild



Ein Linsenauge bildet scharfe Konturen, die es bei Komplexaugen nicht gibt.

So etwa wird ein Insekt das „Gesamtbild“ wahrnehmen.

Bevor wir mit der zweiten Versuchsreihe beginnen, wollen wir noch einige interessante Tests durchführen:

I. Betrachten Sie mit einem Auge einen kleinen schwarzen Punkt (siehe Beilage). Um ein sehr helles Bild zu bekommen, sollte eine kräftige Beleuchtung schräg einfallen. Wenn Sie dabei den Punkt ganz nahe vor das Brillenglas halten, erscheint im Blickfeld nur ein einziger Punkt. Bei Vergrößerung des Abstandes vergrößert sich auch die Anzahl der Punkte, weil immer mehr Ommatidien in die Betrachtung einbezogen werden. Schließlich ist das gesamte Gesichtsfeld mit Punkten erfüllt.

Überlegung: Inwiefern könnte der Abstand vom Facettenaugen zum Objekt (Punkt) den Informationswert beeinflussen?

Fazit: Je größer der Abstand zwischen Facettenauge und Objekt ist, umso unschärfer wird das entstehende Bild.

II. Wiederholen Sie den Versuch I und verwenden Sie dazu als Vorlage das Kreuz und den Punkt.

Bei geringstem Abstand erkennt man Kreuz und Punkt als getrennte Figuren. Bei zunehmendem Abstand erhöht sich die Anzahl, - schließlich überlappen sie sich und sind nicht mehr getrennt wahrzunehmen.

III. Verwenden Sie die Vorlage mit der schwarzen und weißen Fläche, Fixieren Sie mit einem Auge bei kürzestem Abstand die Grenze schwarz-weiß.

Beobachtung: Die Hälfte des Blickfeldes erscheint schwarz, die andere weiß. Die Grenze ist scharf ausgebildet. Dies bedeutet, dass die eine Hälfte der Ommatidien den Schwarzbereich erfasst, der Rest den weißen.

Bewegt man jetzt das Modellauge nach rechts oder links, so wandert die Grenze mit, und zwar in die jeweils „richtige“ Richtung.

Zweiter Teil der Versuche

Wieder wählt der Lehrer ein kontrastreiches Objekt aus. Eine hell erleuchtete Lampe, am besten eine brennende Kerze, oder anderes.

- Die Brille wird jetzt nicht aufgesetzt, sondern mit den Händen etwa 30 cm von den Augen entfernt auf das vorgesehene Objekt gerichtet. Betrachten Sie durch ein Brillenglas das Objekt auf eine Entfernung, in welcher helle und dunkle Rasterbilder deutlich unterschieden werden.
- Mit einem kleinen Trick können wir dem Schüler eine Ahnung der Vorgänge beim Sehen mit einem Facettenauge vermitteln. Durch das Vorschalten der mitgelieferten Mattfolie vor die Brille erreichen wir, dass jetzt die Bilder zu unterschiedlich hellen Flecken reduziert werden. Halten Sie also die Mattfolie direkt vor das Brillenglas. Es entsteht ein Bildraster, das in Form eines „Gesamtbildes“ helle und dunkle Partien unterscheidet und das den Helligkeitswerten des vorangegangenen Bildes ohne Mattscheibe entspricht. Man nimmt an, dass das Bild, welches die Ameise wahrnimmt, etwa so beschaffen ist.

Es könnte sein, dass der Schüler zunächst sagt „ich sehe nichts“. Aber nach einer gewissen Eingewöhnungszeit kann er die Bildpunkte in den verschiedenen Helligkeiten erkennen.

Fazit

Das Komplexauge kann niemals so scharfe Konturen erzeugen, wie das Linsenauge. Bei geringer Ommatidienzahl sogar nur ganz grobe Raster. Der Unterschied zwischen den einzelnen Insektenordnungen oder -familien ist bezüglich der Ommatidienanzahl enorm groß. Je mehr Ommatidien, umso besser sind die Konturen des „Gesamtbildes“

Das Komplexauge vermittelt eine seitenrichtige Bildentstehung im Gegensatz zum Linsenauge, welches auf der Netzhaut ein kopfstehendes seitenverkehrter Bild erzeugt.

Ommatidien liefern also keine Bilder, sondern lediglich unterschiedliche helle Bildpunkte (Bildflecken). Im Falle des Ameisenauges sind es also ca. 25 Bildpunkte, die vom Insektengehirn zu einem „Gesamtbild“ zusammengesetzt werden.