

Bienen orientieren sich am Stand der Sonne...

... und was ist, wenn die Sonne hinter Wolken verschwindet?

Bienen können die Schwingungsebene des polarisierten Lichtes erkennen und damit die Position auch der durch Wolken verborgenen Sonne. Sie haben zwei Facettenaugen mit mehreren Tausend leicht versetzten Einzelaugen (Ommatidien). Die acht Sinneszellen jedes einzelnen Auges erzeugen, von polarisiertem Licht getroffen, verschiedene Muster, je nachdem in welche Richtung das Auge blickt. Die achteckige Polarisations-Sternfolie gibt die Vorgänge modellhaft wieder.

Experimente mit polarisiertem Licht:

Ein in der Fotografie zum Beispiel zur Vermeidung von unerwünschten Reflektionen und zur Verstärkung des Himmelsblaus verwendeter Polfilter zeigt, wenn man ihn dreht, einige Objekte heller oder dunkler. Das trifft nicht auf alle Dinge zu: Bei einer Glühlampe funktioniert das nicht, bei glänzenden Flächen und am blauen Himmel schon. Und besonders gut bei Fernsehmonitoren.

Legt man zwei Polarisationsfolien waagrecht übereinander verändert sich kaum etwas. Legt man sie senkrecht aufeinander wird nur noch wenig Licht hindurch gelassen und das erscheint tiefblau bis violett.

Der physikalische Hintergrund:

Licht ist elektromagnetische Strahlung, Wellen oder Teilchen (Photonen) je nachdem wie man das Licht untersucht. Betrachtet man Licht als Welle dann schwingen die Wellen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung jeweils mit einer elektrischen und einer magnetischen Komponente.

Das Licht der Sonne fällt auf die Luftmoleküle der Erdatmosphäre die durch die auf sie treffende Energie angeregt werden. Sie schwingen in einem wellenlängenabhängigen Muster wobei sich ihre innere elektrische Ladungsverteilung rhythmisch verändert. Vereinfacht gesagt: Das Molekül erhält durch die Anregung eine positive und eine negative Seite die sich im Takt der Welle abwechseln. Sie bilden einen „Oszillator“, einen schwingenden (oszillierenden) Dipol ähnlich der Antenne eines Radio- und Fernsehsenders oder eines Handys. Der schwingende Dipol strahlt die Energie in Form eigener Wellen ab. Dies geschieht wie bei einer Antenne quer zum Dipol, also senkrecht zur ursprünglichen Einfallsrichtung. Das weiße Licht der Sonne enthält alle Spektralfarben, von tiefrot bis violett. Darüber hinaus ein breites Wellenlängenspektrum im Infraroten- und Ultravioletten welches unseren Augen verborgen bleibt. Bienen können UV-Licht sehen, dafür kein Rot. Wir wissen nicht, welchen Farbeindruck UV-Licht auf sie macht und können UV-reflektierende Saftmale in Blüten nur mit Spezialkameras und in von uns eingestellten Falschfarben wiedergeben.

Die winzigen Luftmoleküle schwingen im energiereichen Bereich des Lichts den wir blau nennen besonders gut. Sie streuen daher vor allem das blaue Licht was dem unbedeckten Himmel seine typische Farbe gibt.

Aus dem bisher gesagten folgt:

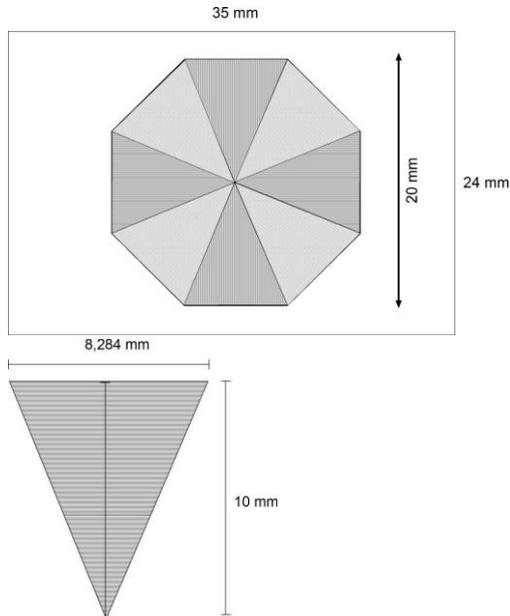
Vorzugweise wird blaues Licht gestreut und dies senkrecht zur Einfallsrichtung des Sonnenlichts.

Das gestreute Licht wird polarisiert und schwingt nur noch in einer Ebene, nämlich senkrecht zur Einfallsrichtung des Sonnenlichts. Daher findet aus unserer Perspektive im 90°-Winkel zur Sonne die stärkste Polarisation statt.

"Bienenauge": Polarisations-Sternfolie für den Diarahmen

Der Diarahmen hat ein Fenster von 35 x 24 mm Größe.

8 aus Polarisationsfolie geschnittene Dreiecke bilden ein Oktogon



Die Dreiecke lassen sich wie folgt berechnen:

Winkel im Zentrum des Oktogons: $360^\circ / 8 = 45^\circ$

Die Höhe h (Radius des Innenkreises):

$20 \text{ mm} / 2 = 10 \text{ mm}$

Höhe (Ankathete) und halbe Grundlänge (Gegenkathete) bilden einen rechten Winkel.

Der der Gegenkathete gegenüberliegende Winkel beträgt $45/2 = 22,5^\circ$

Tangens des Winkels $22,5^\circ$ ist 0,41421

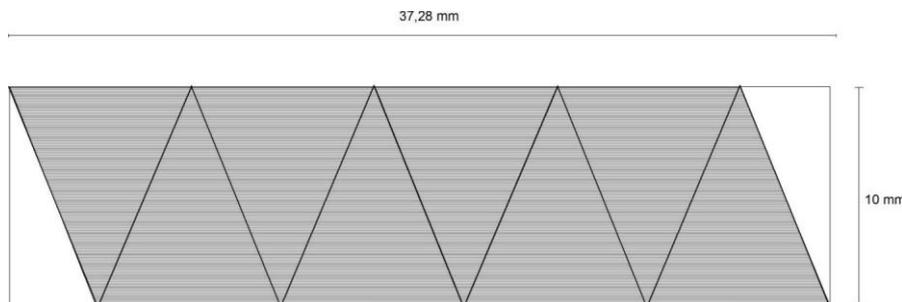
Daraus folgt: Halbe Grundlänge = 4,14 mm

Außenkante des Dreiecks: $2 \times 4,14 \text{ mm} = 8,24 \text{ mm}$

Verhältnis Seite : Innenkreisradius (h)

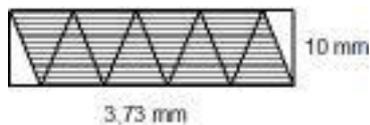
$$r = \frac{a}{2}(1 + \sqrt{2})$$

Für das Oktogon brauchen wir 8 gleiche Dreiecke, die wir aus einem Folienstreifen schneiden können.



Sie lassen sich aus einem Rechteck (37,3 mm x 10 mm) herstellen.

Einfacher ist es, den Folienstreifen auf eine Schablone zu legen:



1: 1 Schablone 3,73 mm x 10 mm

Herstellung:

Schneide zunächst - parallel zur langen Kante der Polarisationsfilterfolie – einen Streifen von 13 mm Breite aus. Lege den Folienstreifen auf die 1:1 Schablone und markiere mit einem feinen wasserlöslichen Folienstift die Punkte. Schneide die 8 Dreiecke so genau wie möglich aus und entferne die Markierungspunkte mit einem feuchten Tuch.

Schneide aus Overheadfolie 2 Rechtecke mit den Maßen 37 x 34 mm aus.

Klappe den Diarahmen auf und lege das eine Rechteck hinein.

Bringe einen kleinen (!) Tropfen Flüssigklebstoff (z.B. Uhu) in die Mitte des Rechtecks und schiebe die 8 Dreiecke nacheinander mit der schmalen Spitze in den Tropfen hinein.

Die Position der Dreiecke lässt sich noch lange Zeit korrigieren. Um elektrostatische Aufladung der Dreiecke zu vermeiden empfehlen wir einen Zahnstocher als Werkzeug zu benutzen..

Lege dann das zweite Rechteck auf das Oktagon und klappe den Diarahmen zu.

Schaut man durch die Polarisations-Sternfolie hindurch auf verschiedene Bereiche des blauen Himmels ergibt sich jeweils ein anderes Muster. Dieses bleibt erhalten auch wenn man den Diarahmen dreht.

Der Effekt ist im 90° Winkel zum einfallenden Sonnenlicht am größten, in Richtung Sonne und ihr gegenüber ist kaum bis keine Polarisation festzustellen.

Wolken zeigen kein Polarisationsmuster. Wassertropfen sind im Vergleich zu Luftmolekülen sehr groß und streuen das unpolarisierte Sonnenlicht in alle Richtungen.

Text, Berechnung und Zeichnungen: Ingo Mennerich, Schulbiologiezentrum Hannover 06/12

Aus: Hans-Joachim Frings/Gerhard Winkel, Experimentelle Bienenkunde, Hannover 1994

Polarisationsfolie (16 x 8 cm, 8 €) erhalten Sie z.B. bei Astromedia (www.astromedia.de).

Das Schulbiologiezentrum leiht Polarisations-Sternfolien als Gruppensatz aus. Diese sind, da in Glas gefasst, sehr empfindlich!

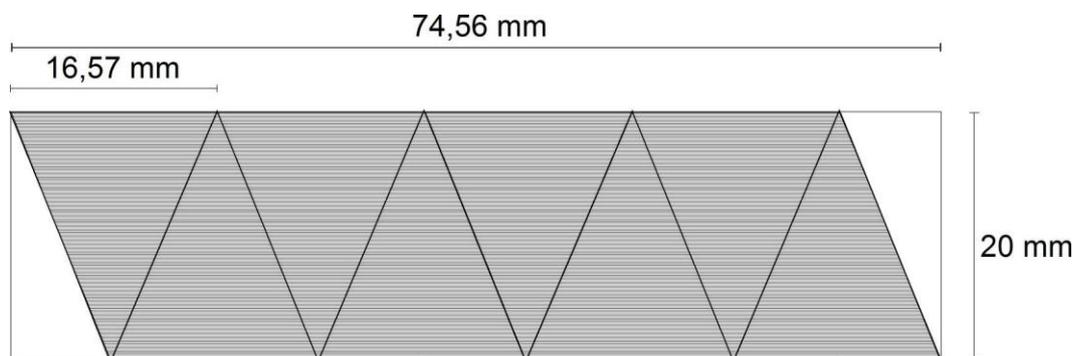
"Bienenauge": Polarisations-Sternfolie für die Petrischale

Wem die Version als Diarahmen zu schwierig erscheint kann auch 60 mm **Petrischalen** nehmen. Der Innendurchmesser der Schale ist 53,3 mm

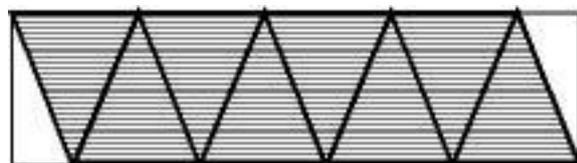
Materialsparend: h: 20 mm, Basislänge 16,6 ($2 \times \tan 22,5 \times 20 = 16,5685$),

Eine Sternfolie 20 x 74,558

Aus einer Folie lassen sich 8 Sternfolien zum Stückpreis von 1 € schneiden.



Herstellung: 2 x Overhead-Folie mit 50 mm ausschneiden, Sternfolie auf erste Overhead-Folie kleben (s.o.), in Petrischale legen und mit zweiter Overhead-Folie abdecken. Achtung: Kombination von Petrischale und ergibt interessante aber störende Farbeffekte, besser aber ist, die beiden Overhead-Folien mit Rahmen (Klebestreifen) zu versehen und die Petrischale nur als Aufbewahrung zu benutzen.



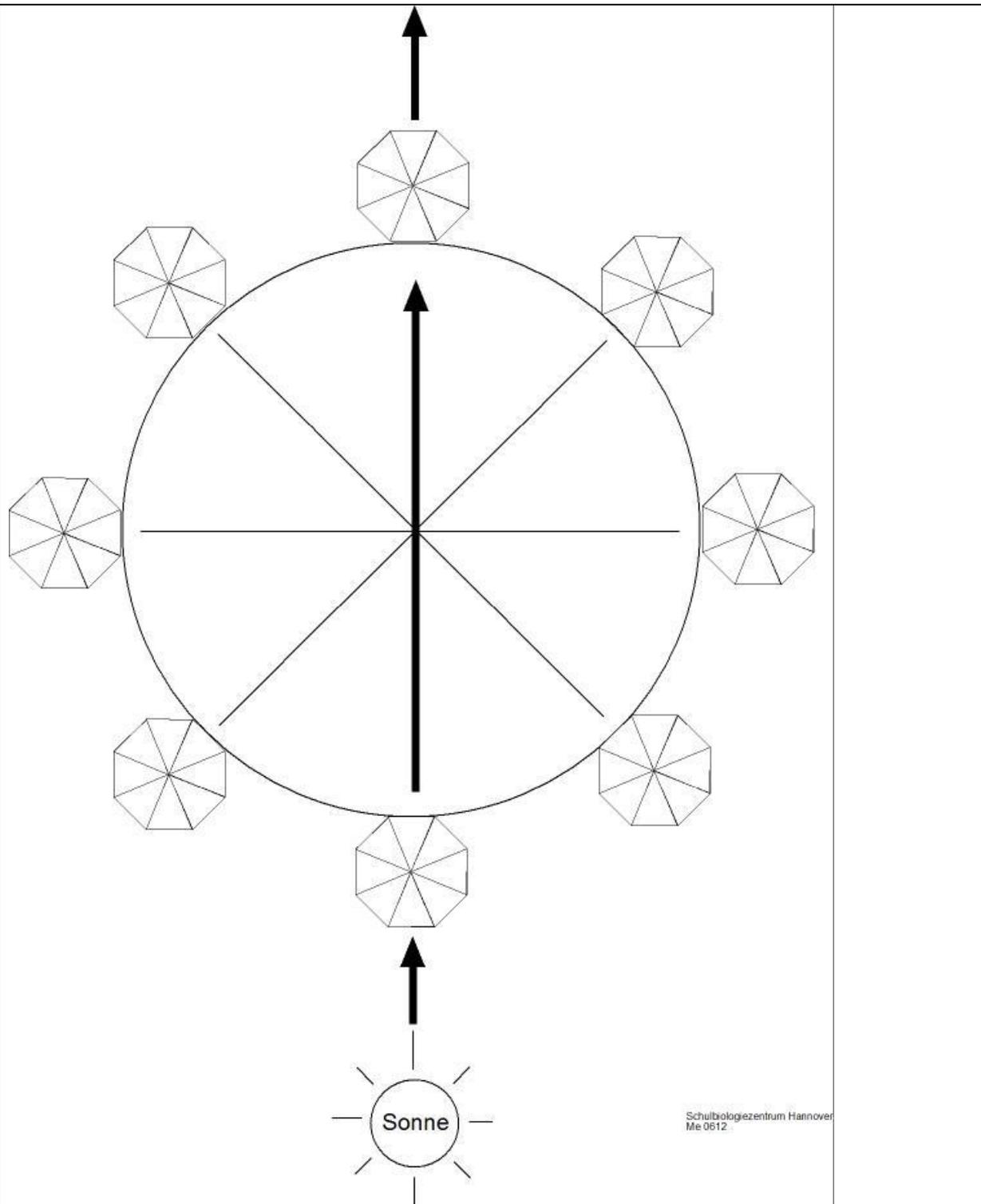
Schablone 1:1 74,56 x 20 mm

Arbeitsblatt

Richte das "Bienenauge" auf verschiedene Bereiche des Himmels (etwa 30° hoch)

Orientiere dich dabei an der Sonne!

Zeichne das Polarisationsmuster (hell - dunkel) in die Achtecke ein.



Schulbiologiezentrum Hannover
Me 0612