

Inhaltsverzeichnis

(Steuerung und linke Maustaste, um den Links zu folgen)

Rahmenbedingungen	3
Laufzettel.....	4
Expertenliste	5
Erwartungshorizont	6
R1: Beobachtungen am Spiegelbild.....	7
R2: Lage des Spiegelbildes	9
R3: Lage des Spiegelbildes 2	11
R4: Das Reflexionsgesetz	15
R5: Der Badezimmerspiegel.....	17
R6: Das Periskop	19
R7: Der Winkelspiegel.....	20
R8: Das Katzenauge	23
R9: Spiegelgröße	24
R10: Kerze im Glas	26
R11: Das Zeigermessgerät	28
R12: Herstellung eines Spiegels	28
R13: Spielfeld abstecken	30
R14: Im Badezimmer.....	30
R15 Konstruktion des Spiegelbildes	31
B1: Knick in der Optik.....	34
B2: Münze in der Tasse.....	34
B3: Speerfischen.....	35
B4: Das Brechungsgesetz.....	36
B5: Konstruktionsaufgabe	38
B6: Der Höhlenforscher.....	40

B7: Planparallele Platte	42
B8: Die optische Hebung	44
B9: Beobachte Brechung und Totalreflexion	45
T1: Die Totalreflexion	46
T2: Der Taucher und der Vogel	47
T3: Der Lichtleiter	49
Z1: Verlauf von Lichtstrahlen durch Glas	50
Z2: Brechung an einer Grenzfläche.....	51
Z3: Mehrfache Brechung am Prisma.....	52
Z4: Brechung an mehreren Grenzflächen.....	53
Vorlagen	54
Quellen:	55

Rahmenbedingungen

Für den gesamten Lernzirkel sollte man 10 Unterrichtsstunden einplanen. Zu Beginn des Lernzirkels sollte der allgemeine Ablauf erklärt und eine abschließende Klassenarbeit bzw. ein Test angekündigt werden. Außerdem sollte darauf hingewiesen werden, dass vor der KA keine Wiederholungsstunde gehalten wird - eine Übungsstunde mit Übungen zu den Konstruktionen ist dennoch angebracht.

Jede Gruppe aus zwei Schülern muss alle Pflichtstationen absolvieren. Es kann eine Anzahl Wahlstationen festgelegt werden, die mindestens zu absolvieren ist.

Jeder durchgeführte Versuch ist von beiden Partnern im Heft festzuhalten. Auf dem Laufzettel ist das Versuchsdatum festzuhalten.

In der ersten Stunde wird vermutlich aufgrund fehlenden Materials und ungenauer Anleitungen ein großes Chaos entstehen. Für die erste Stunde ist deshalb nur ein Versuch geplant. Um weiteren Ablauf zu optimieren wird für jedes Experiment eine Expertengruppe benannt, die in den weiteren Stunden bei Bedarf die Folgegruppen instruieren kann.

Zu manchen Stationen gibt es vorbereitete Lösungs- bzw. Hilfekarten.

Es ist unabdingbar, dass fehlendes oder defektes Material sofort reklamiert wird. Die Materialien müssen so zurückgebracht werden, wie sie in Empfang genommen wurden.

Sollte anstelle der Neva-Tische ein Aufbau mit Laserpointer verwendet werden, sind Gefahrenhinweise wichtig.

Pro Schulstunde sollten die Gruppen durchschnittlich 2 Stationen bearbeiten, der notwendige Zeitaufwand ist auf dem Laufzettel vermerkt.

Für die Folgestunde können Stationen reserviert werden - ggf. kann die Versuchsanleitung mit nach Hause genommen werden.

Laufzettel

Name:

Partner(in):

Nr.	Pflicht	Datum	Zeitbedarf	Thema	Hinweise
R1	x		mittel	Beobachtungen am Spiegelbild	
R2	x		kurz	Lage des Spiegelbildes	H
R3	x		mittel	Lage des Spiegelbildes 2	
R4	x		lang	Das Reflexionsgesetz	
R5	x		mittel	Der Badezimmerspiegel	
R6			mittel	Das Periskop	
R7			mittel	Der Winkelspiegel	
R8			lang	Das Katzenauge	R7
R9			mittel	Spiegelgröße	
R10			mittel	Kerze im Glas	
R11			kurz	Das Zeigermessgerät	
R12	x			Herstellung eines Spiegels	H
R13			mittel	Fußballfeld abstecken	R7
R14	x			Im Badezimmer	
R15				Konstruktion des Spiegelbildes	
B1	o. B2		kurz	Knick in der Optik	HA
B2	o. B1		kurz	Münze in der Tasse	
B3			mittel	Speerfischen	
B4	x		lang	Das Brechungsgesetz	
B5	x		lang	Konstruktionsaufgabe	B5
B6	x		mittel	Der Höhlenforscher	
B7			mittel	Planparallele Platte	
B8			mittel	Optische Hebung	
B9	x		lang	Brechung oder Reflexion?	
T1	x		kurz	Die Totalreflexion	
T2	x		mittel	Der Taucher und der Vogel	T1, B5
T3			mittel	Der Lichtleiter	H

Erläuterung der Hinweise:

H: enthält eine Hausaufgabe; HA kann auch zu Hause bearbeitet werden;

R7: bearbeite zuerst Versuch R7;

Expertenliste

Nr.	Thema	Experten
R1	Beobachtungen am Spiegelbild	
R2	Lage des Spiegelbildes	
R3	Lage des Spiegelbildes 2	
R4	Das Reflexionsgesetz	
R5	Der Badezimmerspiegel	
R6	Das Periskop	
R7	Der Winkelspiegel	
R8	Das Katzenauge	
R9	Spiegelgröße	
R10	Kerze im Glas	
R11	Das Zeigermessgerät	
R12	Herstellung eines Spiegels	
R13	Fußballfeld abstecken	
R14	Im Badezimmer	
R15	Konstruktion des Spiegelbildes	
B1	Knick in der Optik	
B2	Münze in der Tasse	
B3	Speerfischen	
B4	Das Brechungsgesetz	
B5	Konstruktionsaufgabe	
B6	Der Höhlenforscher	
B7	Planparallele Platte	
B8	Optische Hebung	
B9	Brechung oder Reflexion?	
T1	Die Totalreflexion	
T2	Der Taucher und der Vogel	
T3	Der Lichtleiter	

Erwartungshorizont

Verstehen, Anwenden und Erklären können:

- Reflexionsgesetz
- Konstruktion von Spiegelbildern
- Brechungsgesetz
- Konstruktion von Strahlenverläufen
- Brechungsdiagramme
- Optische Hebung
- Totalreflexion

Wichtige Begriffe:

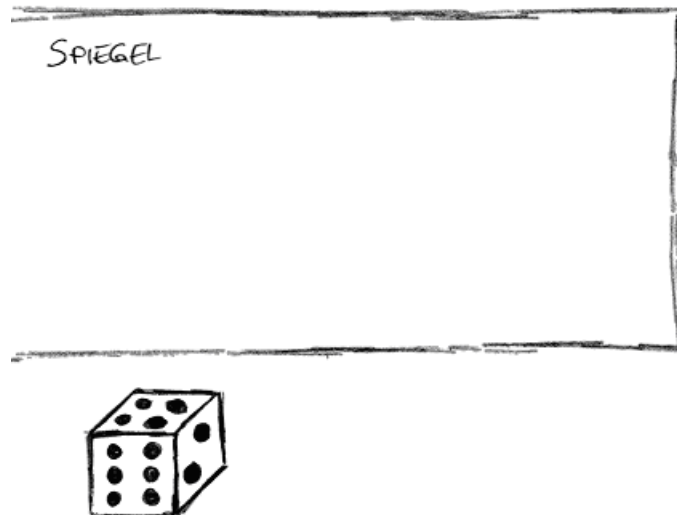
Achsensymmetrisch zur Spiegelebene, Beobachterstandpunkt, Bild, Brechungsgesetz, Brechungswinkel, Brechzahl, einfallender Strahl, Einfallsebene, Einfallslot, Einfallswinkel, gebrochener Strahl, Grenzfläche, Grenzwinkel der Totalreflexion, Knick im Lichtweg, Lot, Medium, optisch dicht (bzw. dünn), optische Hebung, reelles Bild, reflektierter Strahl, Reflexion, Reflexionswinkel, seitenverkehrt, senkrecht, Spiegelbild, Totalreflexion, virtuelles Bild, vom Lot weg gebrochen, zum Lot hin gebrochen

R1: Beobachtungen am Spiegelbild

Material:

- 1 (ebener) Taschenspiegel
- 1 Würfel
- 1 Foto „Polizei“

Skizze:



Aufgaben:



1. Lege den Würfel wie abgebildet vor den Spiegel. Skizziere den Spiegel, den Würfel und sein Spiegelbild im Heft.
2. Verschiebe den Würfel nach links und rechts (vorne und hinten). Wie ändert sich der Ort des Spiegelbildes?
3. Nimm den Würfel beiseite und schaue selbst in den Spiegel. Blinzele mit dem rechten Auge. Welches Auge blinzelt dir im Spiegelbild entgegen?



Ergebnis:

Fülle die Lücken mit den Wörtern „oben, links, zugewandte, rechts, abgewandte, vorne“ aus:

Viele Menschen glauben irrtümlicherweise, ein ebener Spiegel vertauscht ... und ... oder ... und Dabei vertauscht er die ihm ... und die ihm ... Seite.



4. Erkläre die Spiegelschrift auf den Motorhauben von Polizeiautos. Vielleicht hilft dir die Folie „Polizei“ dabei, die du durch den „Rück-“ Spiegel betrachten kannst. Was wird hier vertauscht?

Material R1 Polizei

(ausschneiden und laminieren)



R2: Lage des Spiegelbildes

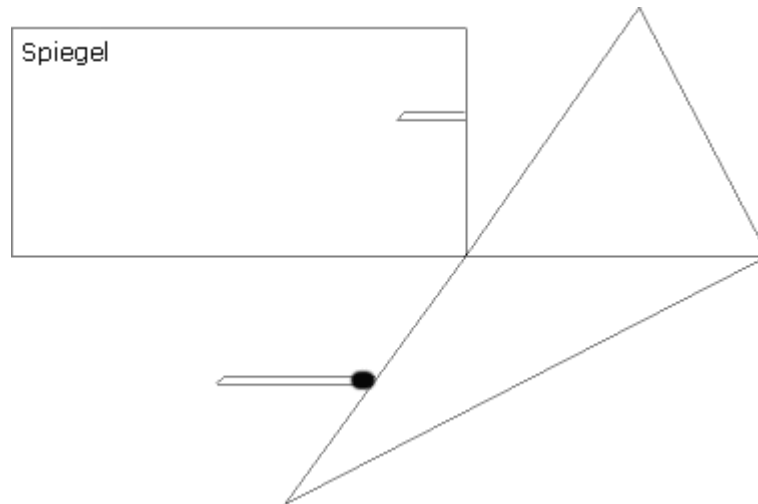
Material:

- 1 (ebener) Taschenspiegel
- 1 Geodreieck
- 2 Streichhölzer



Aufgaben:

1. Lege ein Streichholz wie in der Abbildung vor den Spiegel.



Blicke schräg von rechts in den Spiegel. Du siehst dann einen Teil des ersten Streichholzes als Spiegelbild (siehe Abbildung oben).

Nehme nun das zweite Streichholz und platziere es so hinter dem Spiegel, dass es den fehlenden Bildteil des ersten Streichholzes ergänzt.

Welche Aussagen kannst du über das Spiegelbild machen?

Ergebnis:



Beschreibe die gegenseitige Lage von Gegenstand und Spiegelbild, die Größe des Spiegelbildes, Fertige eine grobe Skizze im Heft an.

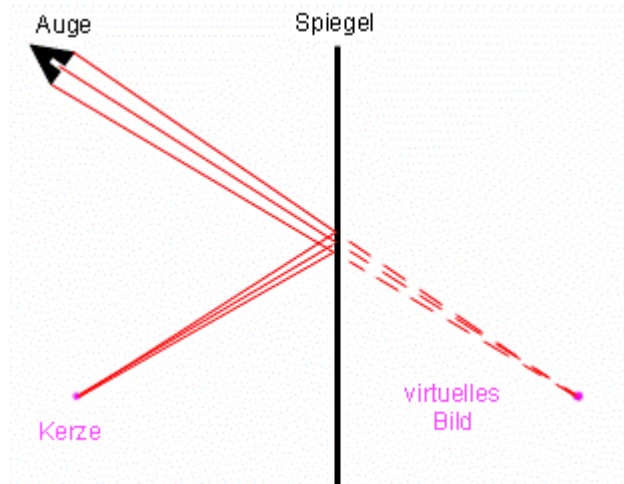


2. Beantworte zu Hause (z.B. mit Hilfe des Buches oder eines Lexikons), warum das Spiegelbild des ebenen Spiegels **virtuell** heißt.

Lösung R2: Lage des Spiegelbildes

Gegenstand und Spiegelbild liegen symmetrisch zur Spiegelebene, sind beide gleich groß und beide gleich weit von der Spiegelebene entfernt.

Ein Spiegelbild heißt **virtuell**, wenn es nicht Schnittpunkt realer Lichtstrahlen ist:



Oder:

Ein Spiegelbild heißt **virtuell**, wenn man es nicht mit einem Schirm (Blatt Papier) auffangen kann.

R3: Lage des Spiegelbildes 2

Material:

- je 1 CD – Hülle
- je 1 Arbeitsblatt



Aufgaben:

Eine gut geputzte Glasplatte (oder den durchsichtigen Teil einer CD – Hülle) kann man als Spiegel benutzen.



Linkshänder benutzen ein eigenes Arbeitsblatt, fragt beim Lehrer nach!

1. Klappe die CD – Hülle auf und stelle die Kante des nicht durchsichtigen Teils auf den schwarzen Balken des Arbeitsblattes. Die Hülle ragt dabei nach links über das Blatt hinaus.

Stelle die Kante der durchsichtigen Klappe auf den grauen Balken.

Schau von links in die durchsichtige Klappe hinein. Dort erkennst du das Spiegelbild des Dreiecks. Gehe währenddessen mit einem Bleistift auf die rechte Seite und mache dort einen Punkt, wo du einen Eckpunkt des gespiegelten Dreiecks siehst.

2. Sind im Spiegelbild links und rechts vertauscht?

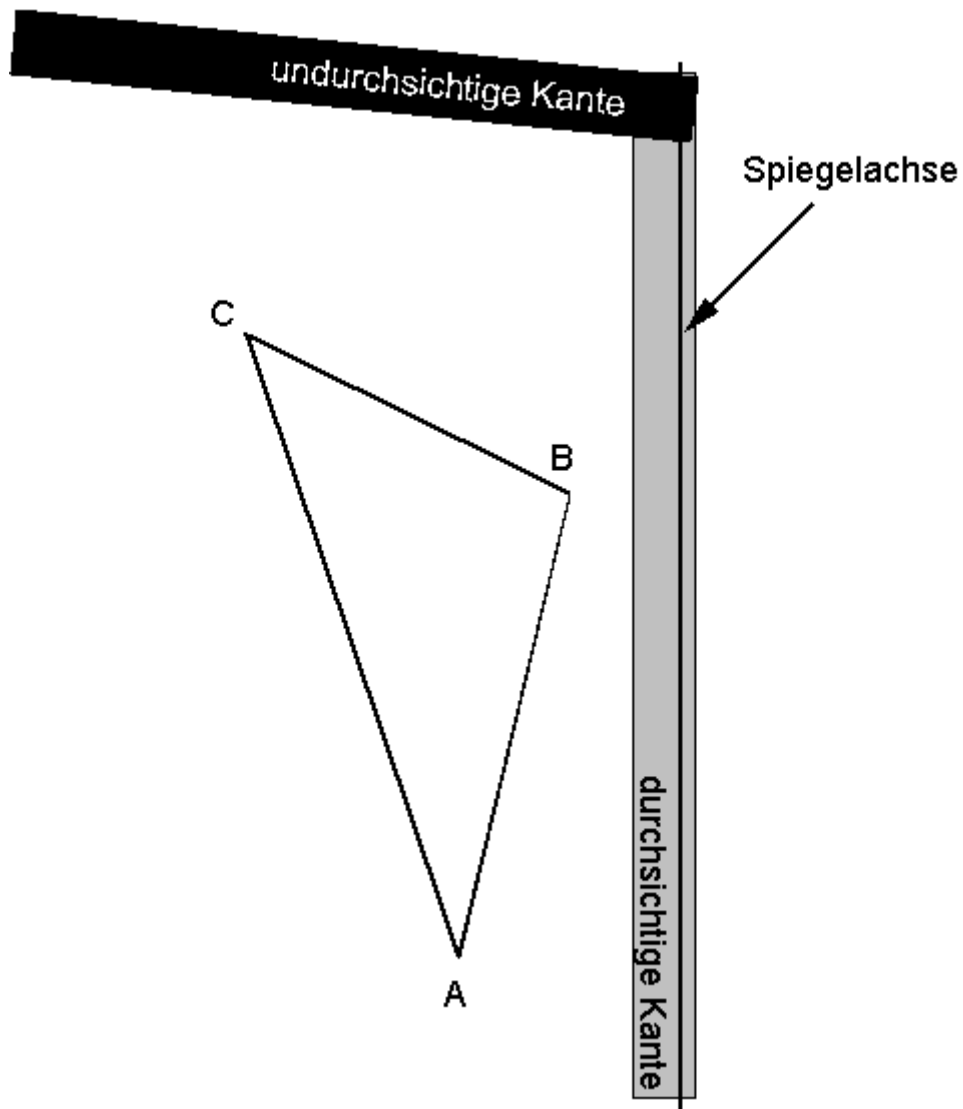


Tipp: Achte auf die Blickrichtung!

3. Wie kannst du das Spiegelbild konstruieren, ohne eine Spiegel zu benutzen?
4. Lege noch einmal die CD-Hülle an. Beobachte das Spiegelbild (von links) aus verschiedenen Richtungen. Ändert sich der Ort des Spiegelbildes für verschiedene Beobachterstandpunkte?

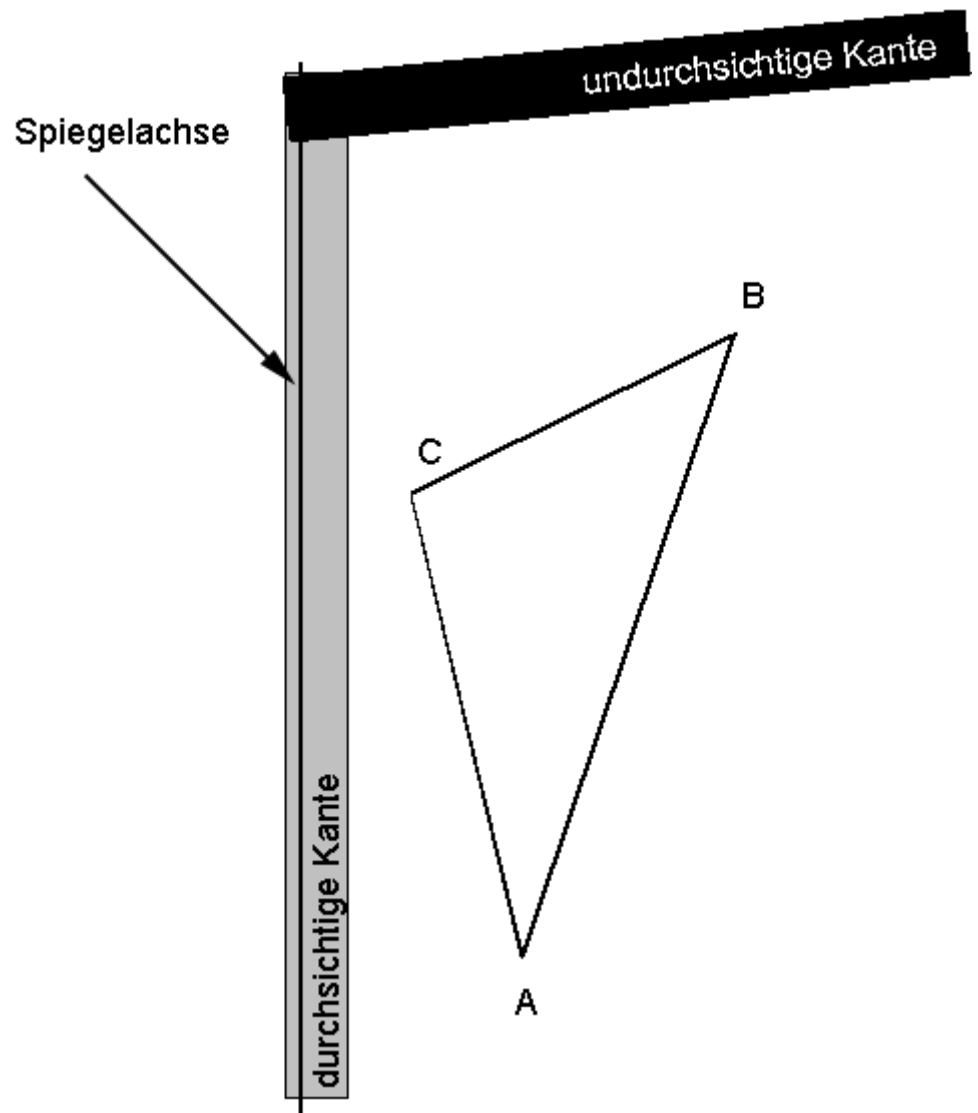
Material R3: Lage des Spiegelbildes 2

(Version für Rechtshänder)



Material R3: Lage des Spiegelbildes 2

(Version für Linkshänder)



Lösung R3: Lage des Spiegelbildes 2

Das Spiegelbild hat zwar einen anderen Umlaufsinn (nicht mehr ABC, sondern ACB), jedoch werden nicht links und rechts vertauscht, sondern die dem Spiegel zugewandte und dem Spiegel abgewandte Seite (also vorne und hinten ☺).

Das Spiegelbild kann man mittels Achsenspiegelung konstruieren, da es sich für alle Beobachter am gleichen Ort befindet: Wenn du deinen Kopf ein bisschen bewegst, bleibt der Ort des Spiegelbildes unverändert.

R4: Das Reflexionsgesetz

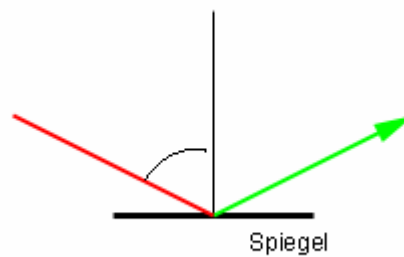
Material:

- 1 Lampe mit Blende
- 1 Winkelscheibe
- 1 Spiegel
- 1 12 V Energiequelle für die Lampe



Aufgaben:

1. Übertrage die Skizze in dein Heft und ordne folgende Begriffe zu: "reflektierter Strahl", "einfallender Strahl", "Lot", "Einfallswinkel α ", "Reflexionswinkel β ".



2. Baue den Versuch so auf, dass der Lichtstrahl mittig auf den Spiegel trifft. Fülle eine solche Tabelle im Heft aus und finde eine Regel.

α	0°	10°	...
β			

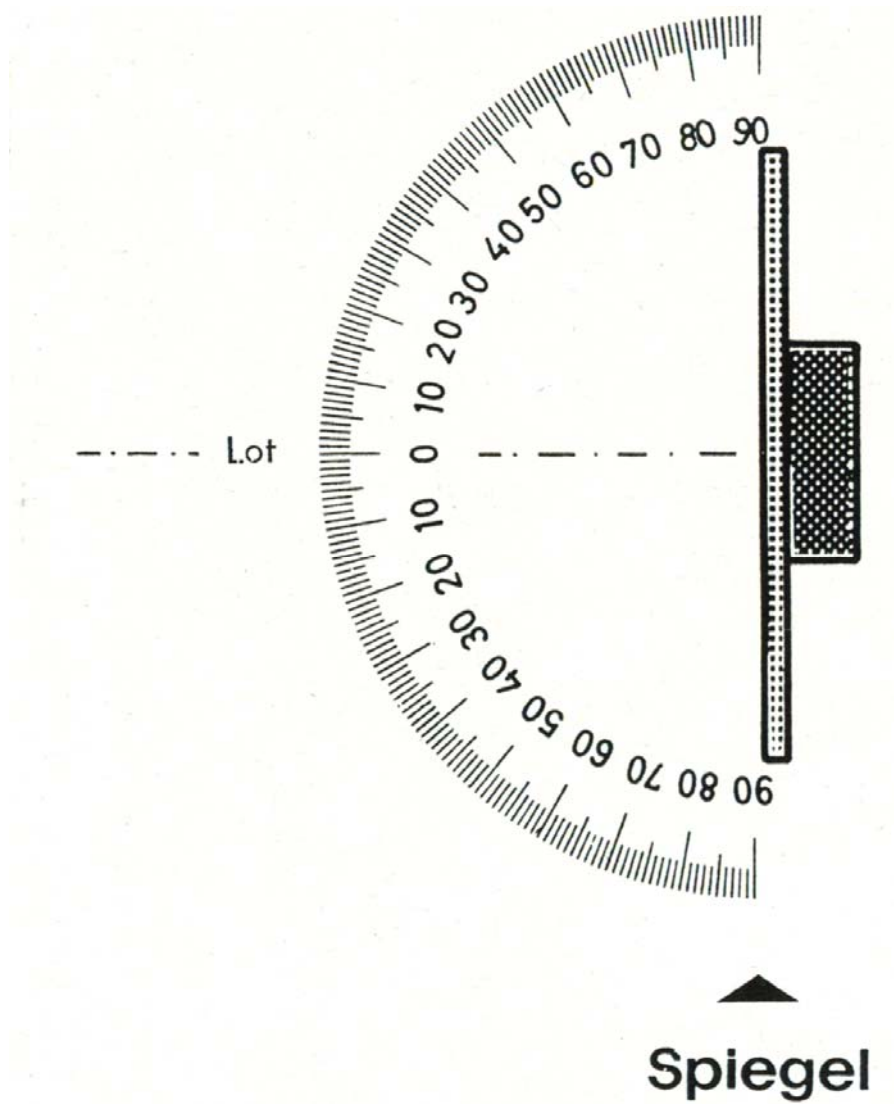


3. Nenne Beispiele aus dem Alltag, wo diese Regel Anwendung findet.

Material R4: Das Reflexionsgesetz



Achte darauf, dass der Spiegel richtig positioniert ist.



R5: Der Badezimmerspiegel

Material:

- 1 Schraubenzieher oder 1 Kerze
- 1 Spiegel

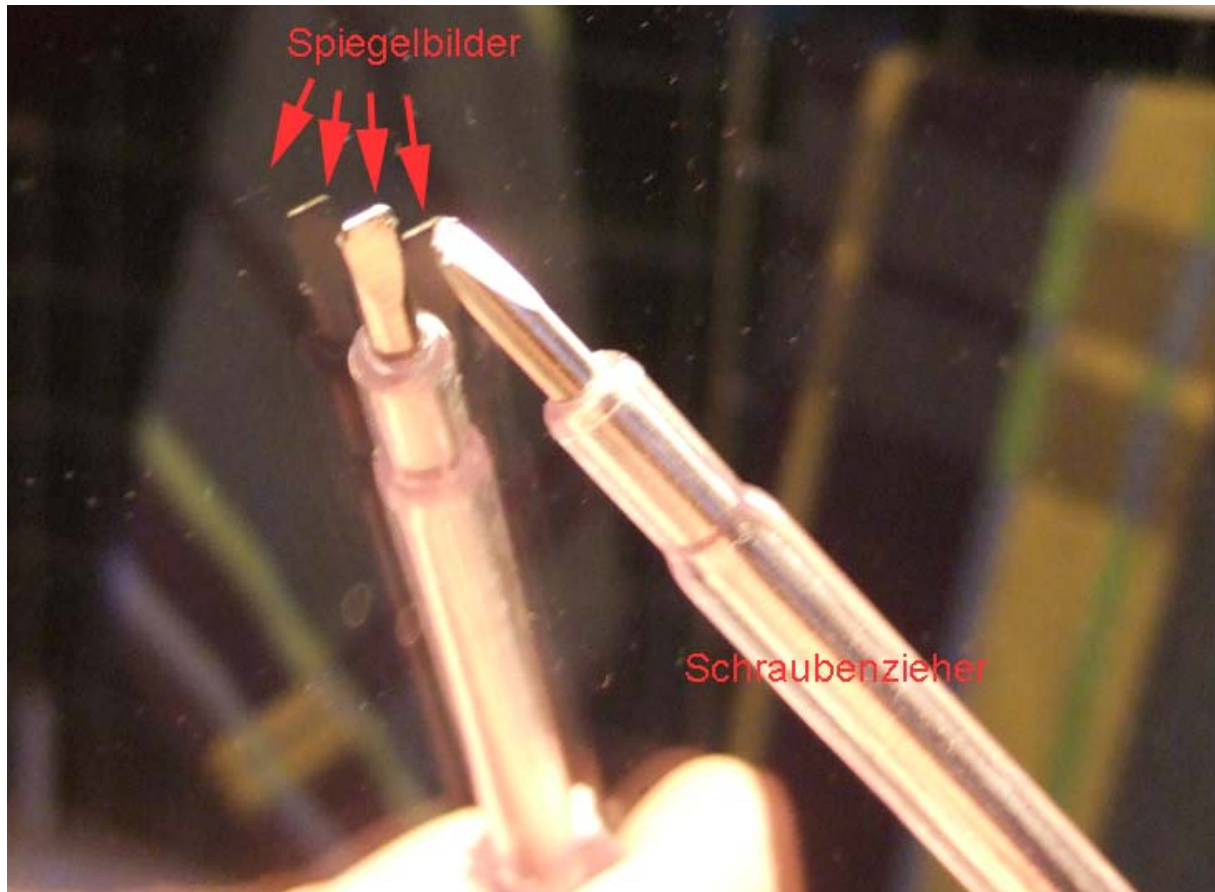


Aufgaben:

1. Halte den Schraubenzieher ganz dicht an den Spiegel und betrachte den Schraubenzieherschlitz schräg von der Seite. Wie viele Spiegelbilder kannst du beobachten?
2. Wie oft wurde das vom Schraubenzieher kommende Licht jeweils gespiegelt, bevor es in dein Auge gelangt?
3. Wieso werden teure Gemälde in Galerien nicht hinter Glas ausgestellt, obwohl das Glas die Bilder schützen würde?

Lösung R5: Der Badezimmerspiegel

Faszinierender Weise kann man bis zu 4 Spiegelbilder beobachten, die die gleiche Orientierung haben:



Das vom Schraubenzieher kommende Licht wurde ein mal an der Glasvorderseite bzw. ein mal an der Silberschicht bzw. 3 mal (2x Silberfolie und 1x Glasinnenseite) bzw. 5 mal (3x Silberfolie und 2 x Glasinnenseite) gespiegelt.

R6: Das Periskop

Material:

- 1 Periskop



Aufgaben:

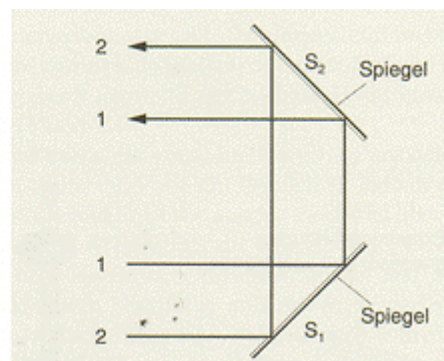
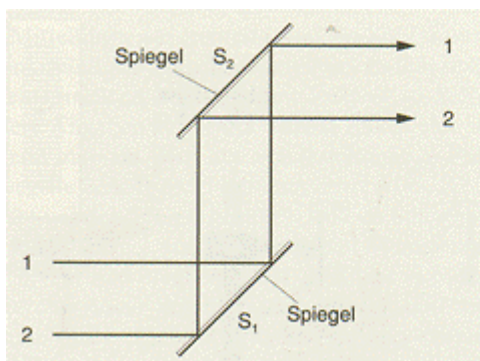
1. Untersuche das Periskop: Woraus ist es aufgebaut?
2. Setze dich auf den Fußboden und schaue durch das Periskop aus dem Klassenzimmerfenster (oder sehe nach, ob auf dem Schrank Staub liegt).
3. Skizziere das Innenleben des Periskops grob im Heft. Zeichne dazu den Verlauf eines Lichtstrahls von einem Gegenstand zum Auge ein.



Wenn ein U-Boot knapp unter der Wasseroberfläche ist verwendet es meist ein Periskop. Wozu bzw. warum?

Lösung R6: Das Periskop

Je nach Art des Periskops steht das Spiegelbild auf dem Kopf:



R7: Der Winkelspiegel

Material:

- 1 Winkelspiegel
- 1 DIN A4 Blatt mit aufgezeichneter Gerade

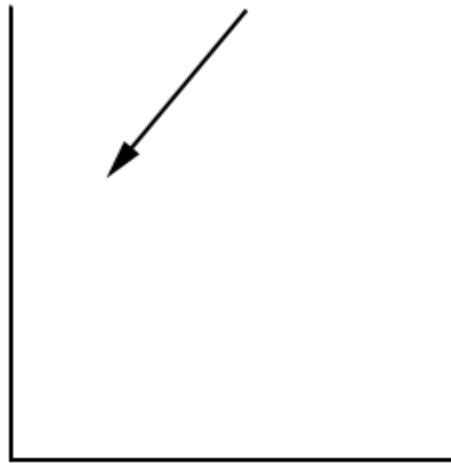


Aufgaben:

1. Klappe den Winkelspiegel genau 90° auf. Setze dich davor und zwinkere mit dem rechten Auge. Welches Auge zwinkert dir entgegen?

Im Gegensatz zum ebenen Spiegel vertauscht der 90° Winkelspiegel ...
und

2. Übertrage die Abbildung unten in dein Heft und vervollständige den Strahlenverlauf am Winkelspiegel. Welche Lage hat der doppelt reflektierte Strahl bezüglich des einfallenden Strahls?

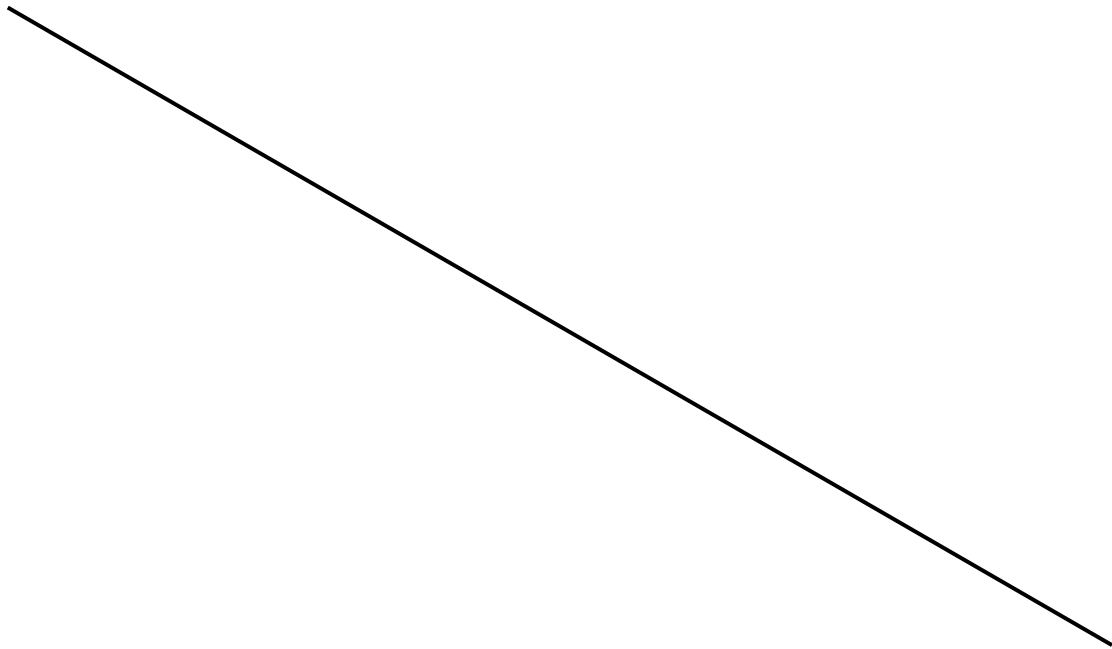


Zusatz:

3. Nimm die Winkelscheibe und stelle den Spiegel auf die Gerade. Klappe den Winkelspiegel langsam zusammen. Bei welchem Öffnungswinkel siehst du ein regelmäßiges Dreieck, Viereck, Fünfeck, ..., n-Eck?

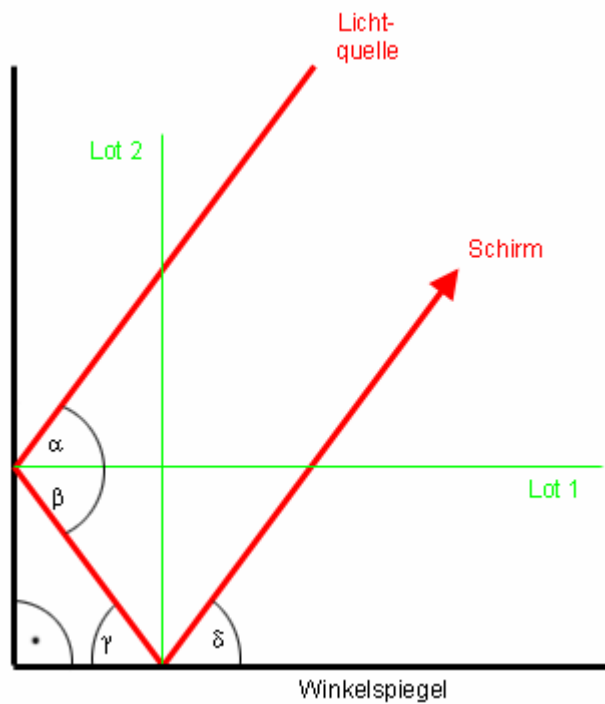
Material R7: Der Winkelspiegel

(Gerade für die Zusatzaufgabe)



Lösung R7: Der Winkelspiegel

Einfallender und doppelt reflektierter Strahl sind parallel!



Figur	Winkel
Dreieck	120°
Viereck	90°
Fünfeck	72°
...	...
n-Eck	$360^\circ/n$

R8: Das Katzenauge

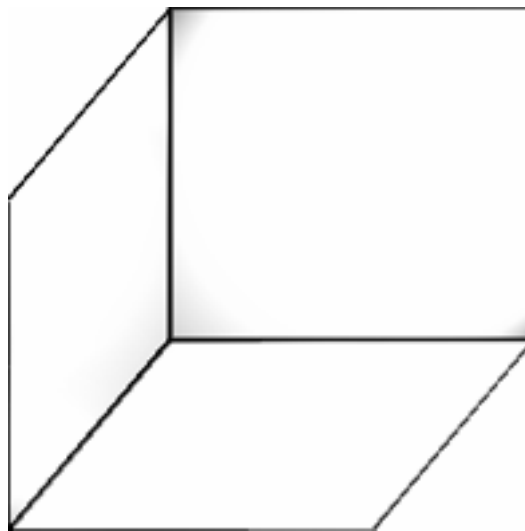
Material:

- 1 Tripelspiegel
- 1 Laserpointer (nie ins Auge!)
- 1 Blatt Papier (als Schirm)
- 1 Mikroskop bzw. 1 Binokular
- 1 Katzenauge



Aufgaben:

1. Um einen Tripelspiegel zu erhalten, nimmt man eine dritte Spiegelfläche zu einem 90° Winkelspiegel hinzu. Das ganze sieht dann etwa so aus:



Nimm den Laserpointer und leuchte in verschiedene Stellen des Tripelspiegels (möglichst Nahe am Schnittpunkt der drei Spiegel). In welche Richtung läuft der reflektierte Strahl? Benutze das Papierblatt als Schirm.

2. Nimm das Katzenauge und betrachte es unter dem Binokular.
Betrachte dabei die Struktur der Oberfläche. Welche Gemeinsamkeiten gibt es zum Tripelspiegel?
3. Katzenaugen werden als Speichenreflektoren am Fahrrad verwendet. Warum benutzt man keine "normalen" Spiegel?
4. Nenne weitere Anwendungen für Tripelspiegel aus dem Alltag.

R9: Spiegelgröße

Material:

- 1 winziger Taschenspiegel
- 1 Wandspiegel
- Klebeband und Zollstock



Aufgaben:

1. Halte den winzigen Taschenspiegel mit halb ausgestrecktem Arm und betrachte deine Nase. Merke dir, welcher Ausschnitt im Spiegel sichtbar ist.
Strecke nun deinen Arm ganz aus. Ändert sich der sichtbare Ausschnitt, d.h. siehst du weniger oder mehr als vorher von deiner Nase?
2. In diesem Abschnitt sollst du herausfinden, wie groß ein Wandspiegel sein muss, um dich komplett (von Kopf bis Fuß) darin sehen zu können.

Stelle dich dazu vor den Wandspiegel. Dein Partner markiert mit Klebeband die untere (obere) Grenze, so dass du gerade noch deine Füße (deinen Kopf) siehst.

Messe jetzt die notwendige Spiegelhöhe nach und finde eine Regel mit deren Hilfe du die Spiegelhöhe in Abhängigkeit von der Körpergröße vorhersagen kannst.

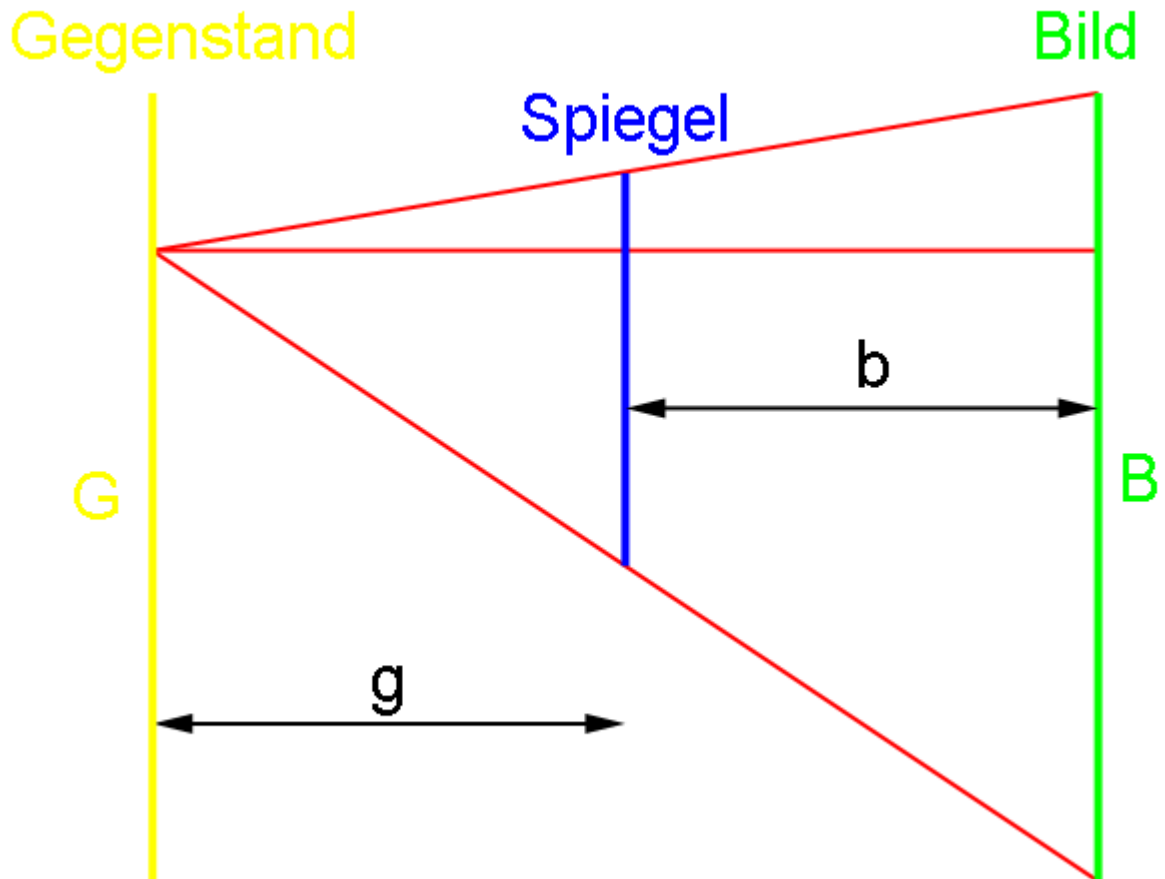
Zusatz:

3. Kannst du deine Vermutungen aus Aufgabe 1 und 2 jeweils rechnerisch nachweisen?



Lösung R9: Spiegelgröße

Ein Wandspiegel muss die halbe Körpergröße haben, dass man sich darin komplett sehen kann:



Dies kann man mittels Strahlsatz zeigen:

Du weißt bereits, dass das Spiegelbild genau so groß ist wie der Gegenstand selbst und ebenso weit von der Spiegelebene entfernt ist wie der Gegenstand selbst. In Formeln: $B = G$ und $b = g$.

Nun benutzt man den 2. Strahlensatz: $\frac{B}{S} = \frac{b+g}{g} = \frac{b+b}{b} = 2 \Leftrightarrow B = 2S$.

Da $B = G$ ist, gilt: $G = 2S$, d.h. der Spiegel muss nur halb so groß wie der Gegenstand sein.

R10: Kerze im Glas

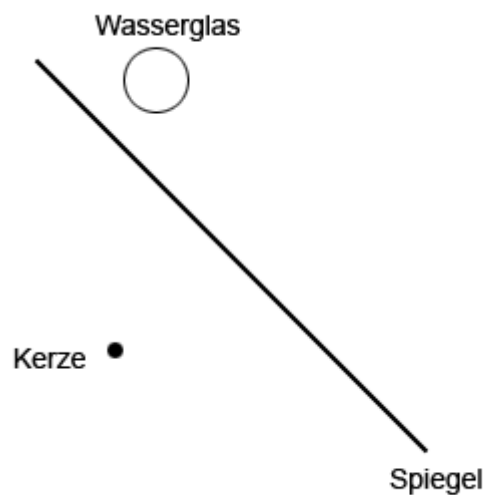
Material:

- 1 aufstellbare Glasscheibe
- 1 Kerze
- 1 Wasserglas



Aufgaben:

1. Stelle die Glasscheibe auf. Zünde die Kerze an und stelle sie vor die Scheibe. Bestimme experimentell den Ort hinter der Glasscheibe, wo das Wasserglas stehen muss, so dass ein Beobachter vor dem Glas die Kerze im Wasserglas brennen sieht.

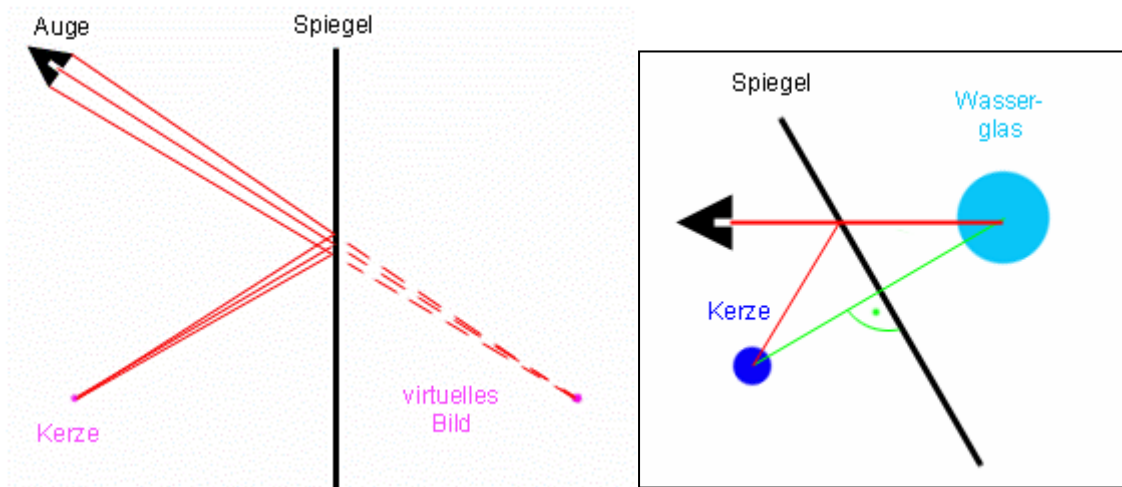


2. Übernimm die Skizze in dein Heft und zeichne ein Beobachteraue vor dem Glas (auf Seite der Kerze) ein. Konstruiere den Strahlenverlauf von der Kerze über den Spiegel zum Auge. Wo sieht der Beobachter die Kerze?



3. Warum sehen alle Beobachter das Bild der Kerze an derselben Stelle?

Lösung R10: Kerze im Glas



Egal wo sich der Zuschauer vor der Glasplatte befindet, er sieht die Kerze immer unter Wasser brennen.

R11: Das Zeigermessgerät

Material:

- 1 Spannungsmessgerät (Voltmeter)
- 1 Batterie, 2 Kabel, 2 Krokodilklemmen



Aufgaben:

1. Betrachte die Anzeige des Messgerätes. Wozu dient der Spiegel? Fertige eine Skizze im Heft an und erkläre.
2. Miss die Spannung zwischen den beiden Polen der Batterie.

R12: Herstellung eines Spiegels

Material:

- Internet



Aufgaben:

1. Besuche die Seite

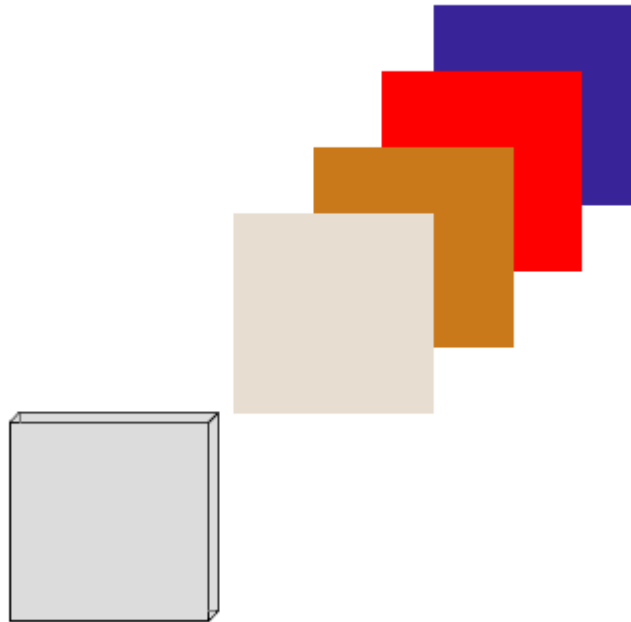
<http://www.wdrmaus.de/sachgeschichten/spiegel/index.phtml?Seite=1>

und erfahre dort, wie ein Spiegel hergestellt wird.

2. Fertige eine Skizze über den Aufbau eines Spiegels im Heft an, und erkläre den Zweck der ersten 3 Schichten.

Lösung R12: Herstellung eines Spiegels

Ein herkömmlicher Spiegel ist aus 4 Schichten aufgebaut:



Schicht	Material	Zweck
1	Glas	Schutz
2	Silber	spiegelt, ist aber nicht kratzfest und noch etwas durchsichtig
3	Kupfer	macht das Silber kratzfest
4	roter Lack	Verhindert, dass man mit einer Lampe durchleuchten kann.
5	blauer Lack	

R13: Spielfeld abstecken

muss überarbeitet werden - Anleitung zu unpräzise

Material:

- 1 Winkelspiegel
- 2 mit einer Schnur verbundene Besenstiele



Aufgaben:

Als Platzwart in einem Fußballverein sollst du das Feld abstecken. Besonders schwierig sind die Ecken, wo sich rechte Winkel befinden...

Benutze die beiden mit einer Schnur verbundenen Peilstäbe, um die Auslinien abzustecken. Mit Hilfe des Winkelspiegels kannst du den rechten Winkel zwischen den Schnüren (das sind die Auslinien) kontrollieren.

1. Wie viel Grad muss der Winkelspiegel aufgeklappt sein, dass beide Auslinien orthogonal (rechtwinklig) zueinander stehen?
2. Mit dem Geodreieck kann man natürlich auch rechte Winkel messen. Warum ist das Geodreieck ungeeignet, um das große Spielfeld abzustecken?

R14: Im Badezimmer

Material:

- 1 Spiegel
- 1 kleines Stück Pflaster oder farbiges Tesafilm



Aufgabe:

1. Betrachte dein Gesicht in einem Badezimmerspiegel. Schließe dein rechtes Auge und klebe ein kleines Stück Pflaster so auf den Spiegel, dass du mit deinem linken Auge dein geschlossenes rechtes Auge nicht mehr sehen kannst.

Schließe jetzt - ohne deinen Kopf zu bewegen - dein linkes Auge und beobachte mit dem rechten.

2. Wo muss das Pflasterstück nun angebracht werden, um das Bild des geschlossenen linken Auges zu verdecken? Erkläre Dein Ergebnis.

R15 Konstruktion des Spiegelbildes



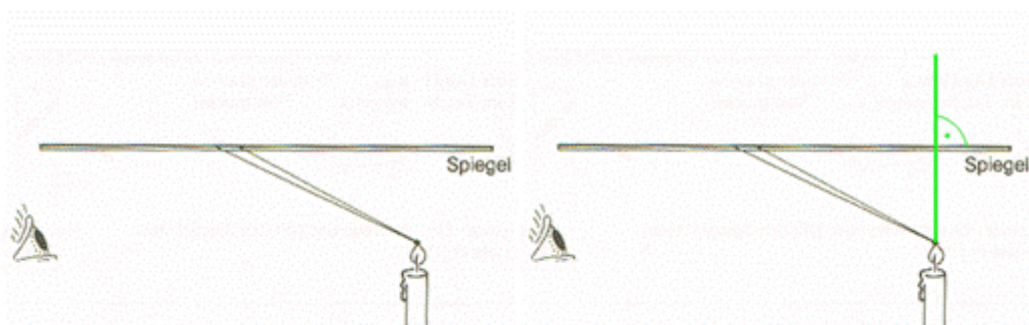
Aufgabe:

Bei dieser Station sollst du lernen, wie man das Spiegelbild eines Gegenstandes zeichnerisch konstruiert.

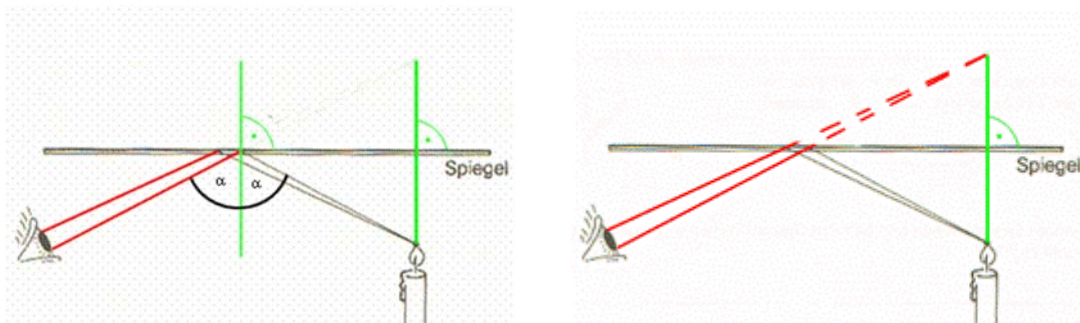
Eine Kerze steht vor einem Spiegel. Wo sehen die Betrachter das Spiegelbild?

Führe die Schritte selbst auf dem Arbeitsblatt durch:

1. Spiegel die Flammenspitze an der Spiegelachse:



Konstruiere die reflektierten Lichtstrahlen nach dem Reflexionsgesetz und verlängere die Lichtstrahlen rückwärts durch den Spiegel:



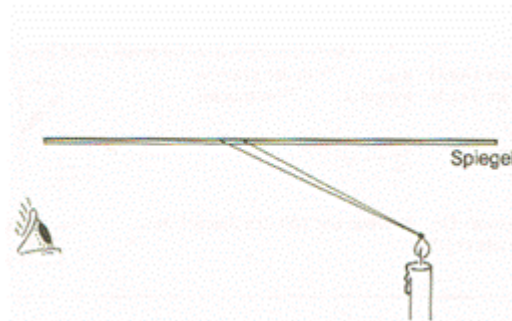
Die Begrenzungslinien des Lichtbündels scheiden sich in einem Punkt, der Flammenspitze. Dein Auge ist getäuscht: Es vermutet die Flammenspitze hinter dem Spiegel! Das Spiegelbild ist aber lediglich **virtuell**, in Wahrheit gehen die Strahlen nicht von ihm aus!

Das neu Gelernte sollst du nun anhand der beiden Aufgaben (s. Extrablatt) üben:

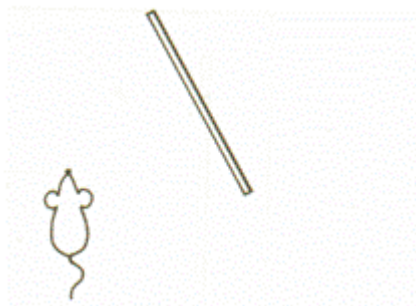
2. Eine Maus sitzt vor dem Spiegel. Konstruiere das Spiegelbild ihrer Nasenspitze (Achsen Spiegelung). Trage den rechten Winkel an die Konstruktionshilfslinie in die Skizze mit ein!
3. Konstruiere das Spiegelbild der Kerze für drei verschiedene Beobachter. Was stellst du fest?

Material R15: Konstruktion eines Spiegelbildes

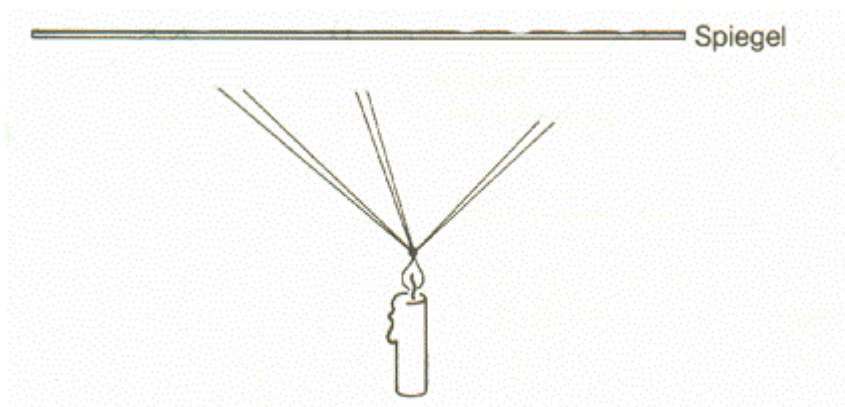
zu Aufgabe 1:



zu Aufgabe 2:

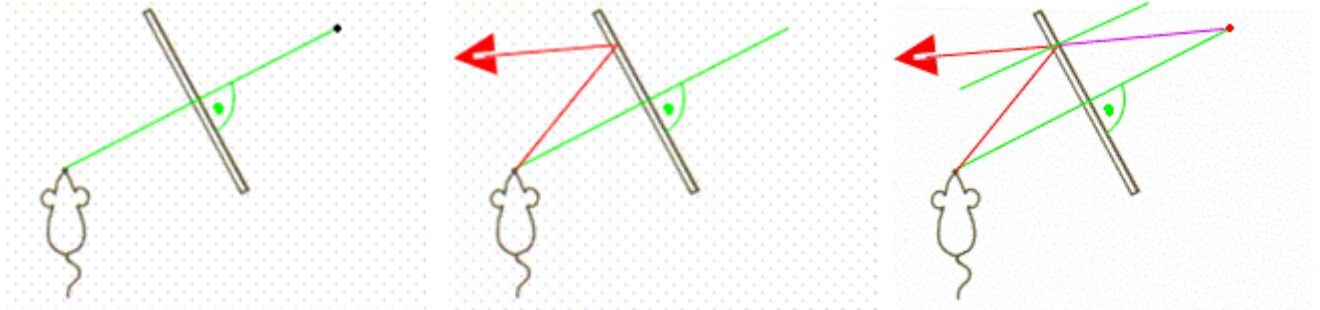


zu Aufgabe 3:

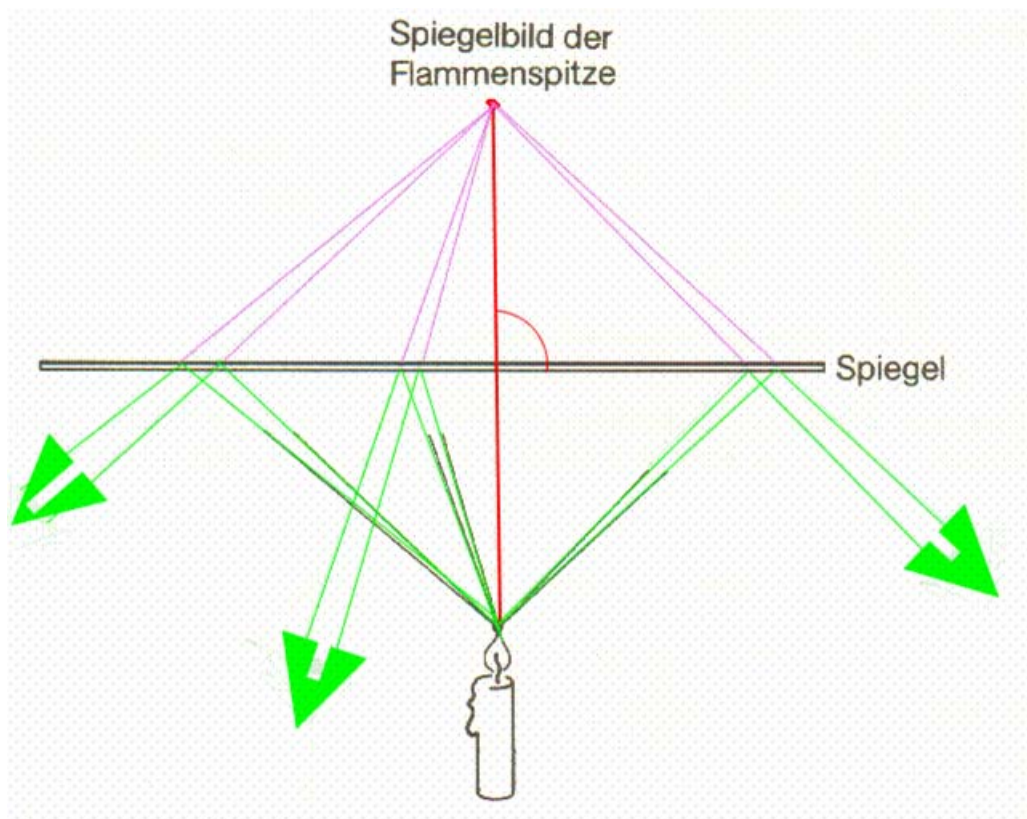


Lösung R15: Konstruktion eines Spiegelbildes

1. siehe Aufgabenblatt
2. Konstruiere des Spiegelbildes der Nasenspitze:



3. Das Spiegelbild befindet sich für alle drei Beobachter an der selben Stelle (dies wird bei Zaubertricks gerne ausgenutzt):



B1: Knick in der Optik

Material:

- 1 Trinkglas
- 1 Stift



Aufgaben:

1. Stelle den Stift in das gut gefüllte Trinkglas. Beobachte von der Seite.
2. Was passiert mit einem Lichtstrahl, wenn er in Wasser eintritt (bzw. aus ihm herausgeht)??

B2: Münze in der Tasse

Material:

- 1 Tasse
- 1 kleine Münze



Aufgaben:

Lege die Münze so auf den Boden der leeren Tasse, dass du gerade noch ihren hinteren Rand im Blickfeld hast. Behalte deine Position bei. Dein Partner gießt nun vorsichtig Wasser so in die Tasse, dass die Münze nicht verrutscht.



1. Was beobachtest du?
2. Versuche eine Erklärung zu geben.

B3: Speerfischen

Material:

- 1 flacher Wasserbehälter
- 1 Stricknadel
- 1 Trinkhalm oder besser 1 Metallröhrchen



Aufgaben:

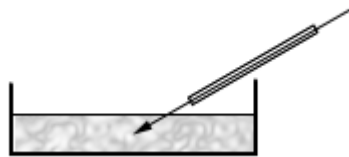
1. Speerfischen:

Lege die Münze („Fisch“) in das Glas und fülle es 5 - 10 cm tief mit Wasser.

Peile den Fisch durch den Trinkhalm an. Dabei soll der Halm etwa einen Winkel von 30° zur Wasseroberfläche haben und nicht eintauchen.

Dein Partner schiebt – ohne dass du die Lage des Halmes veränderst – die Stricknadel („Speer“) durch den Trinkhalm.

Trifft der Speer den Fisch? Wenn nein, wohin trifft er auf den Grund (z.B. vor dem, links vom, ... Fisch)?



2. Was könnte die Ursache für die optische Täuschung sein?

3. Hast du in deinem Alltag schon Ähnliches beobachtet?

B4: Das Brechungsgesetz

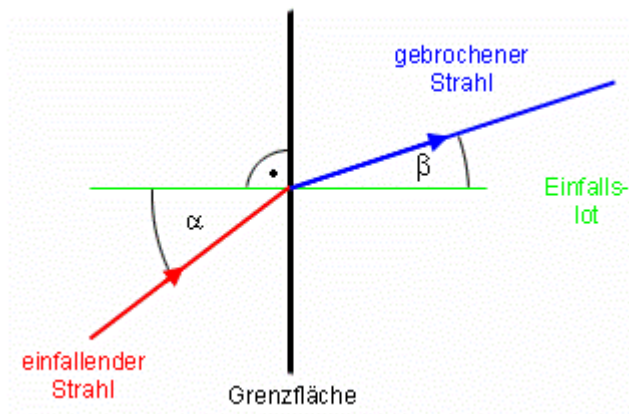
Material:

- 1 Neva Tisch mit Lampe, Sammellinse und 1-fach Spalt
- 1 12 V Netzgerät
- 1 Neva-Beistelltisch mit Winkelscheibe und Plexiglashalbzylinder
- alternativ: Laserpointer, Halbzyylinder und Winkelscheibe



Aufgaben:

1. Übernehme die folgende Skizze ins Heft und präge dir die Begriffe gut ein:



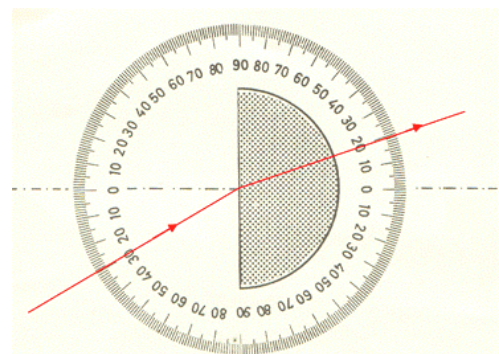
2. Fülle den Lückentext aus:

Das Lot steht ... auf der Grenzfläche zwischen den verschiedenen Stoffen. Den Einfallswinkel α misst man zwischen dem ... und dem Lot, den Brechungswinkel β zwischen dem gebrochenen Strahl und dem

3. Baue den Versuch wie auf den Deckblättern skizziert auf. Was passiert mit dem Lichtstrahl, wenn er auf den Halbzyylinder aus Plexiglas trifft?

4. Miss den Brechungswinkel in Abhängigkeit von dem Einfallswinkel und halte deine Messwerte in einer Tabelle fest:

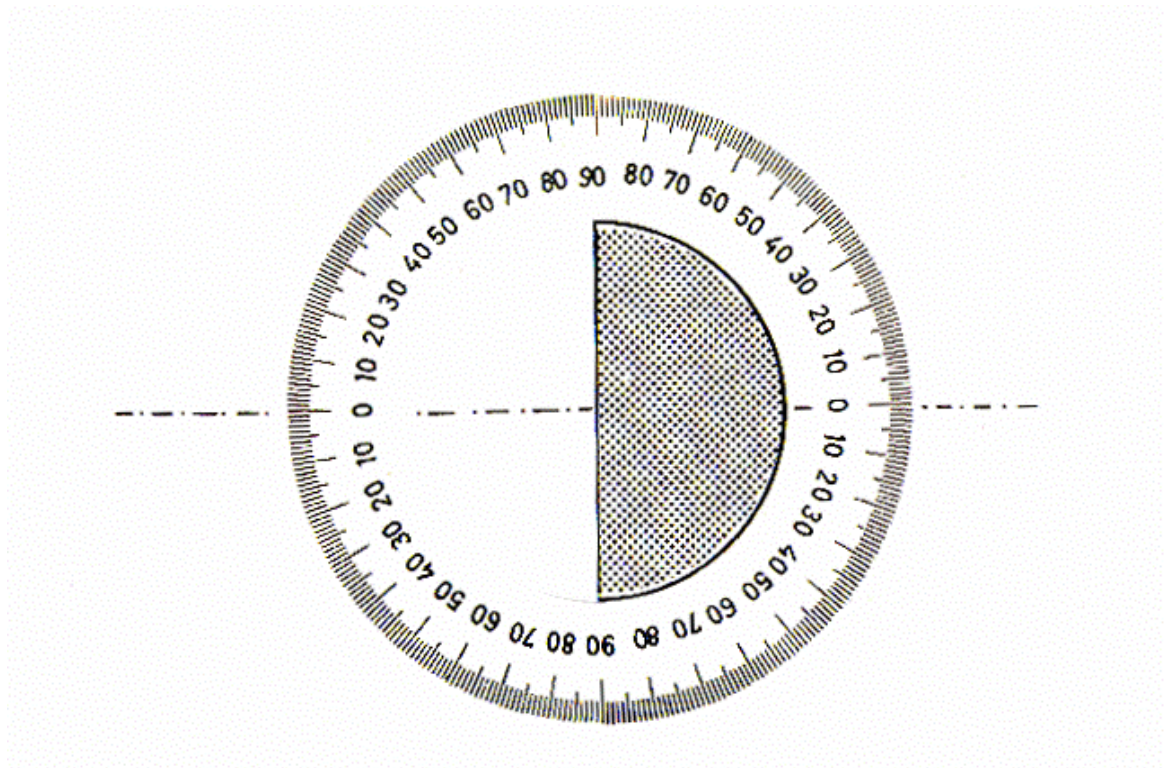
Einfallswinkel	10°	20°	...	90°
Brechungswinkel			...	



5. Erstelle ein Diagramm, in dem du auf der x-Achse den Einfallswinkel und auf der y-Achse den Brechungswinkel aufträgst.
6. Warum wird der Lichtstrahl hier beim Übergang von Plexiglas nach Luft nicht gebrochen (s. Abb.)?

Material B4: Neva-Deckblatt

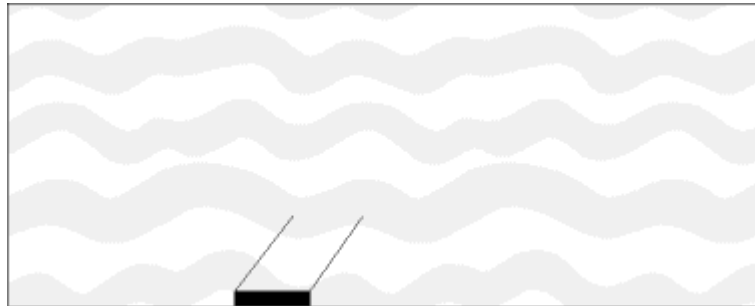
(zur Auflage auf den Beistelltisch)



B5: Konstruktionsaufgabe



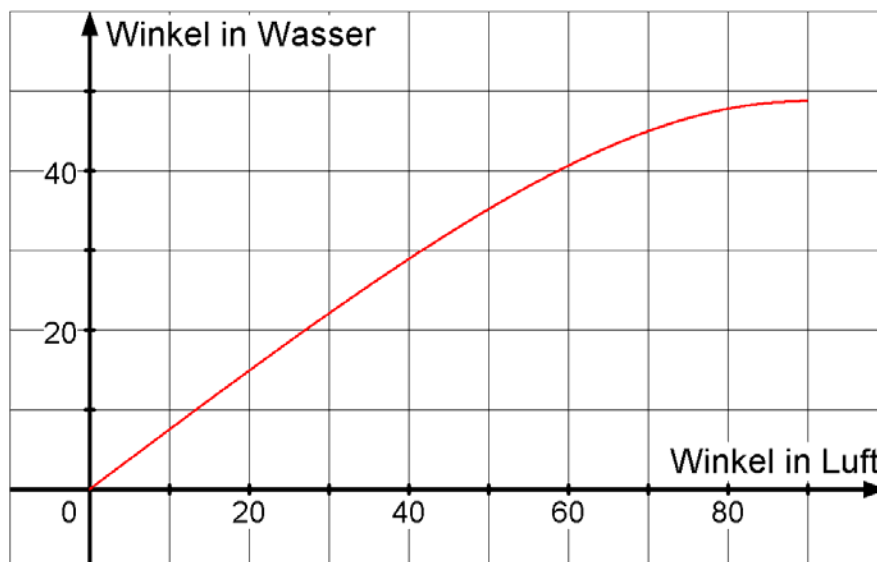
1. Eine Münze befindet sich unter Wasser.



Die von der Münze ausgehenden Lichtstrahlen breiten sich im Wasser geradlinig aus, an der Wasseroberfläche werden sie gebrochen.

Zeichne zu jedem Strahl das Einfallslot und den Einfallswinkel farbig ein.

Lies dann jeweils aus dem Diagramm den Brechungswinkel (i.e. der Winkel in Luft) ab und zeichne den gebrochenen Strahl ein.

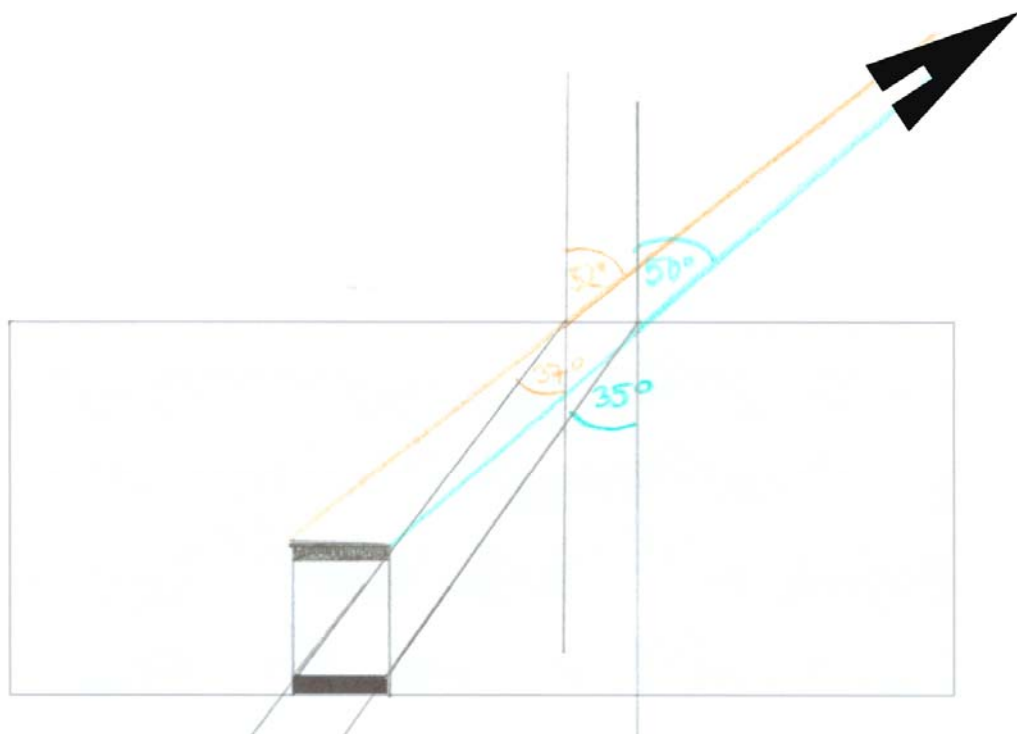


Zeichne ein Beobachterauge ein, in das beide gebrochenen Strahlen treffen.

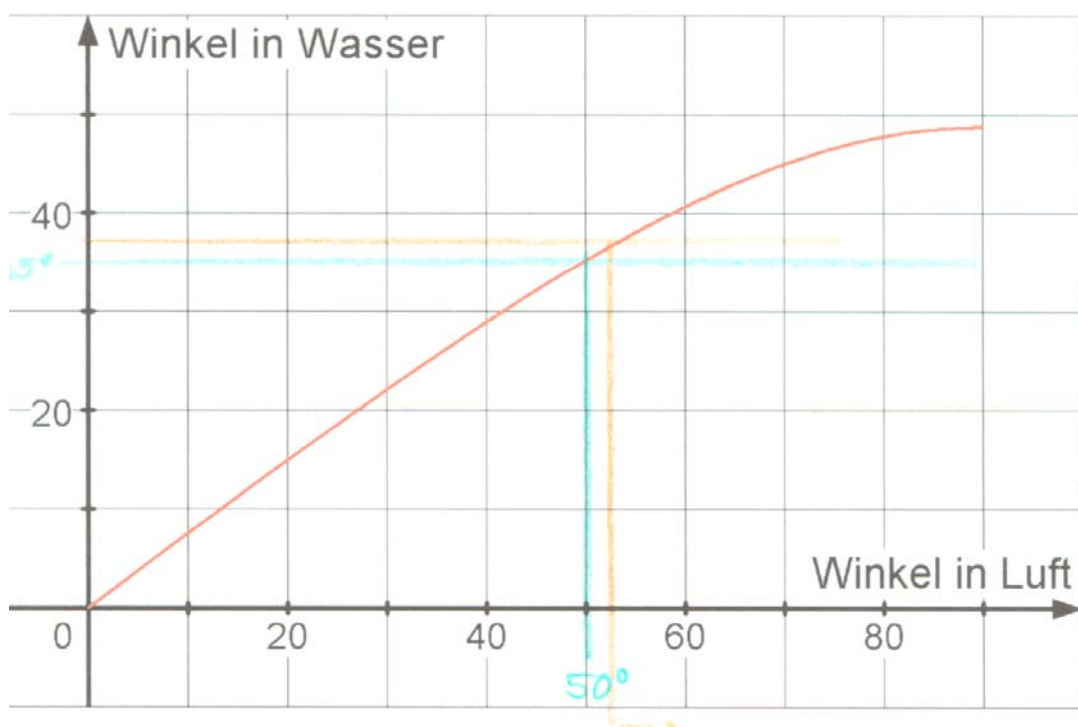
2. An welcher Stelle siehst du die Münze liegen?

Verlängere dazu die in das Auge eintreffenden Strahlen soweit rückwärts (ohne Knick) in das Wasser, bis du senkrecht über dem Originalpunkt bist. Zeichne dort den Bildpunkt ein.

B5: Hilfe zur Konstruktion



1. Einfallswinkel im Wasser zum Lot hin messen
2. Brechungswinkel in Luft aus dem Diagramm ablesen
3. gebrochenen Strahl einzeichnen
4. gebrochenen Strahl rückwärts ins Wasser verlängern
5. bis sich der Strahl senkrecht über dem Gegenstand befindet. Dort ist der gesuchte Bildpunkt.
6. Analog für den 2. Strahl.
7. Beobachteraue (an beliebiger Stelle) einzeichnen.



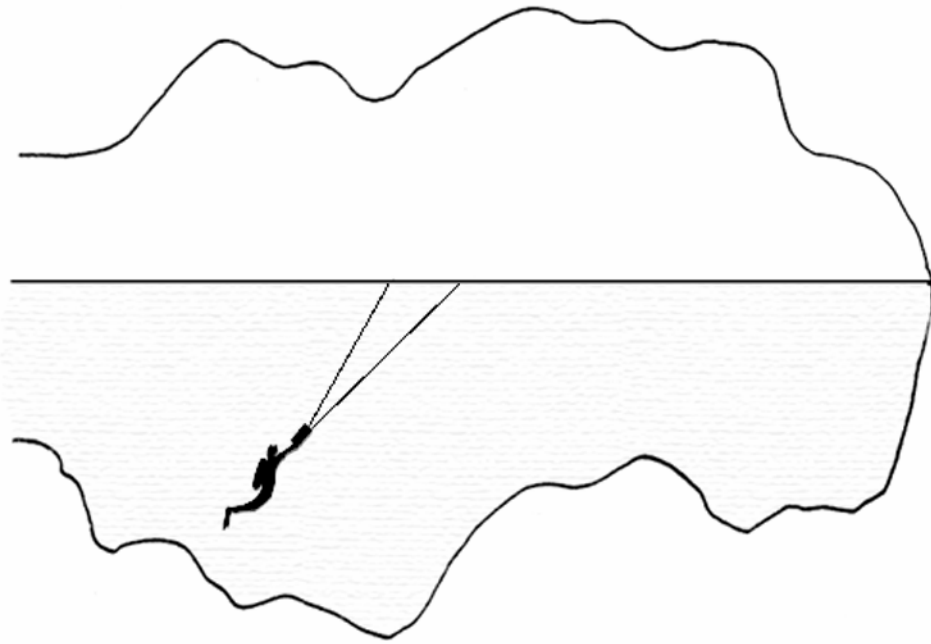
B6: Der Höhlenforscher



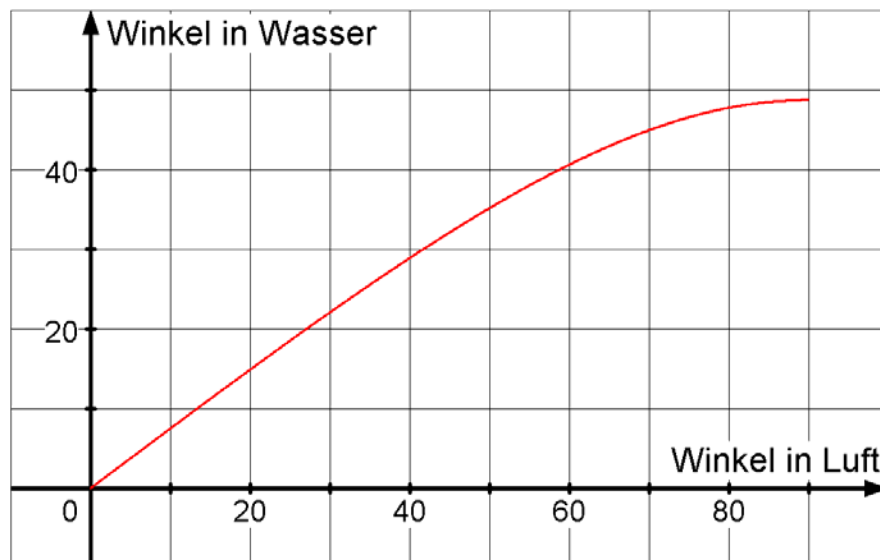
Aufgabe:

Ein Forscher taucht in einer Höhle und leuchtet dabei mit einem starken Unterwasserscheinwerfer in Richtung Decke.

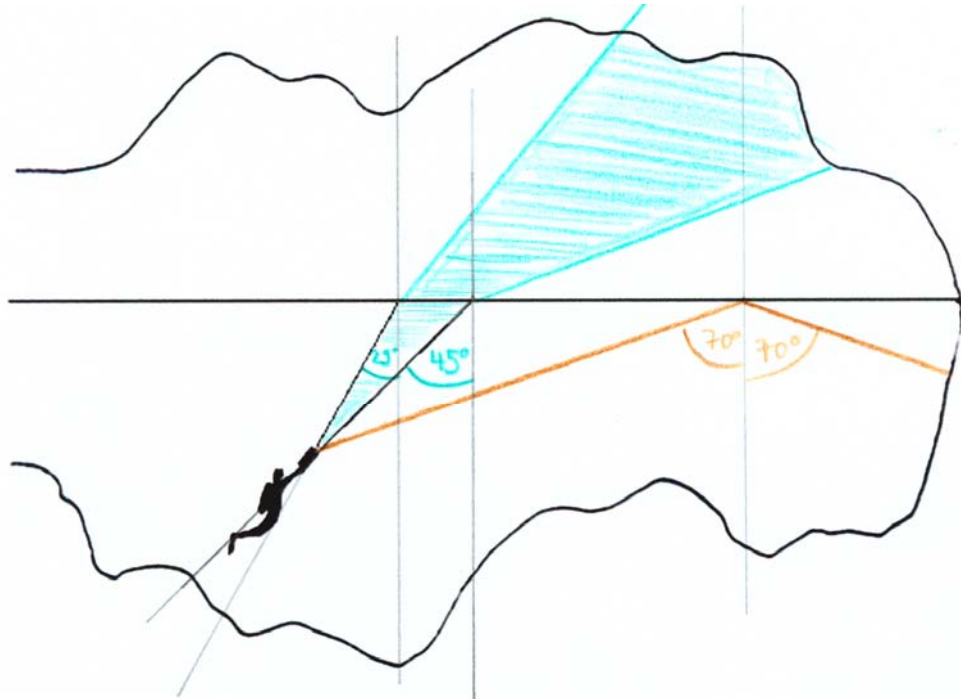
1. Benutze die Randstrahlen des Lichtkegels, um dieses bis zur Höhlendecke zu vervollständigen. Zeichne dazu jeweils das Einfallslot mit ein und markiere den Einfallswinkel. Lies den Brechungswinkel jeweils aus dem Diagramm unten ab.



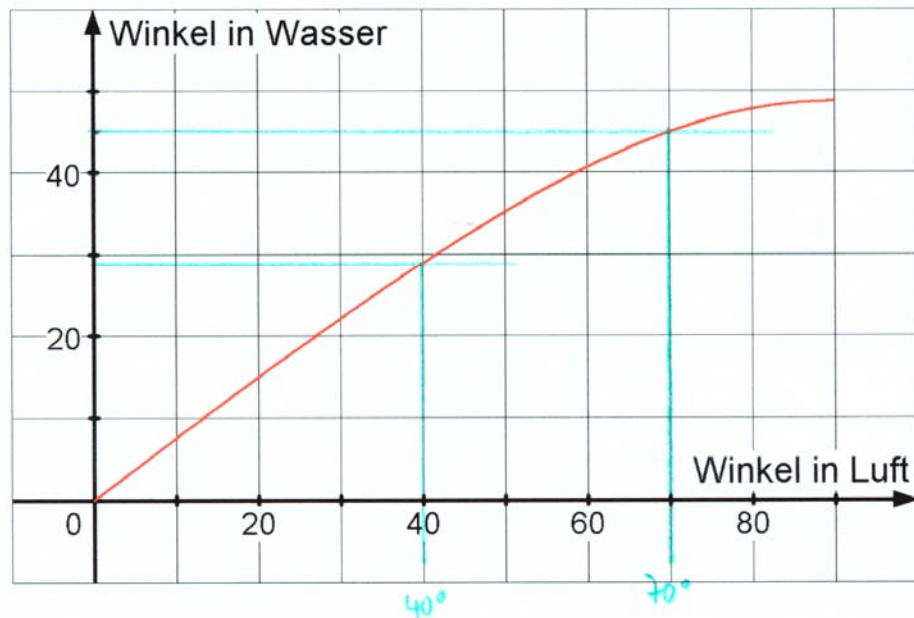
2. Der Grenzwinkel für Totalreflexion beträgt beim Übergang von Wasser nach Luft ca. $48,5^\circ$. Wird dieser Einfallswinkel überschritten, so wird der Lichtkegel des Scheinwerfers an der Wasseroberfläche total reflektiert. Zeichne oben ein solches Beispiel ein. Markiere dabei den Einfallswinkel.



Lösung B6: Der Höhlenforscher



Die Brechungswinkel werden aus dem Diagramm abgelesen:



B7: Planparallele Platte

Material:

- 1 Laserpointer (nie ins Auge!)
- 1 Plexiglasquader
- 1 weißes Blatt Papier als Unterlage

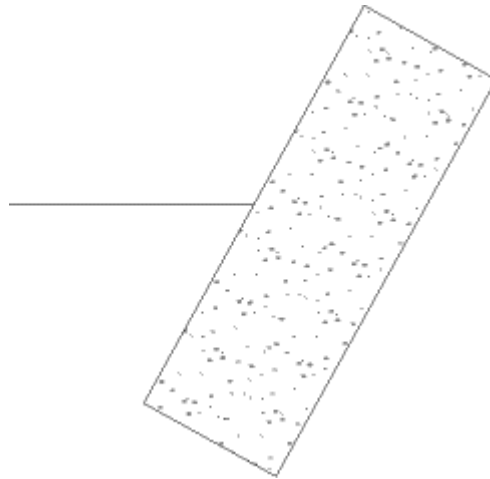


Aufgaben:

1. Eine Fensterscheibe ist zum Beispiel eine planparallele Platte: die gegenüberliegenden Fensterflächen sind eben (plan) und parallel.

Du weißt mittlerweile, dass Lichtstrahlen an Grenzflächen gebrochen werden. Wieso sollten sie dann gerade durch ein Fenster gehen?

Nimm den Plexiglasquader („Fenster“) und strahle auf eine Seitenfläche des Quaders. Beobachte, wo der Strahl austritt und skizziere den Strahlengang im Heft.



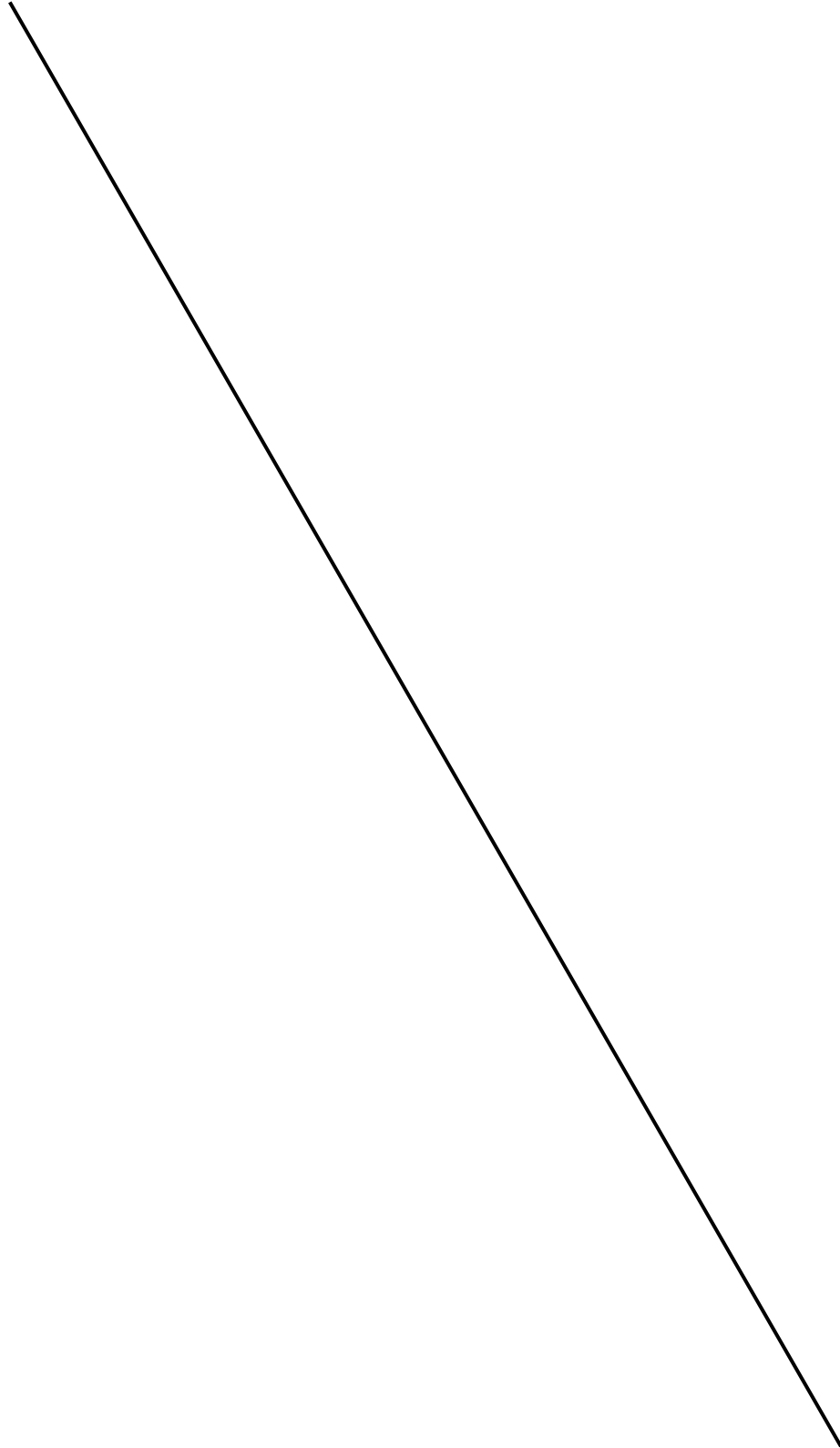
Beschreibe den Verlauf des Lichtstrahls.

In welchem (geometrischen) Zusammenhang stehen eintretender und austretender Strahl?

2. Hängt der Effekt vom Einfallswinkel ab?
3. Ändert sich der Strahlenverlauf, wenn du aus der entgegengesetzten Richtung einstrahlst?
4. Zeichne eine Gerade auf das Blatt Papier und stelle den Quader mittig darauf. Betrachte die Gerade schräg durch den Quader. Wie entstehen die Knicke?

Material B7: Planparallele Platte

(Gerade zum Auflegen des Quaders)



B8: Die optische Hebung

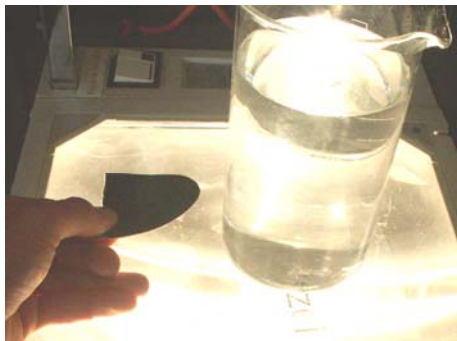
Material:

- 1 Overheadprojektor
- 1 hohes Glas gefüllt mit Wasser
- 1 beschriftete Folie (größerer Durchmesser als das Glas)
- 1 kleines Stück Karton
- 1 30 cm langes Lineal



Aufgaben:

1. Stelle das bis oben gefüllte Wasserglas auf die beschriftete Folie auf den Tageslichtprojektor. Projiziere diese Anordnung auf die Wand und stelle den Teil der Folie **exakt** scharf, der durch das Wasser zu sehen ist.



Außerhalb des Glases erscheint die Schrift auf der Folie unscharf. Nimm jetzt das Stück Karton und lege es neben das Glas.

Hebe den Karton neben dem Glas so weit an, dass auch er an der Wand scharf zu sehen ist (du erkennst das am besten an seiner Kante).

Nun sollten der Karton neben, und die Schrift unter dem Glas an der Wand gleichzeitig gleich scharf sein.

Halte deine Beobachtungen im Heft fest.



2. Stelle dir vor, du stehst am Beckenrand eines 2 m tiefen Schwimmbeckens. Auf dem Grund entdeckst du eine Münze. Wie wird dein Auge die Tiefe einschätzen?
3. Leere etwas Wasser aus dem Glas. Wiederhole das Experiment. Bleibt der Effekt gleich?
4. Stelle ein Lineal teilweise in ein Wasserglas und beobachte die Skala von oben.
5. Fasse zusammen, wann das Phänomen optische Hebung auftritt.

B9: Beobachte Brechung und Totalreflexion

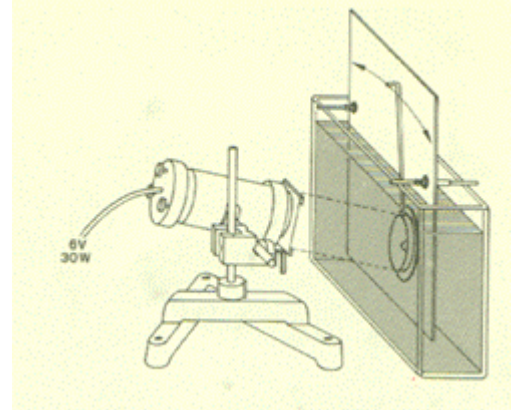
Material:

- 1 Glastrog mit Fluoreszeinlösung (nicht wegschütten!)
- 1 Kunststoffplatte mit konischem Spiegel und einer 1-fach Blende



Aufgaben:

1. Baue den Versuch wie abgebildet auf - die Beobachtungsrichtung ist dann von rechts.
2. Bewege nun die Blende langsam von der Mitte nach außen und beobachte, was mit dem auf die Grenzfläche Wasser / Luft treffenden Lichtstrahl passiert. Setze die passenden Wörter in den Lückentext ein (Achtung: manche Wörter bleiben übrig!):



"zum", "hin", "vom", "weg", "gebrochen", "vollständig reflektiert"

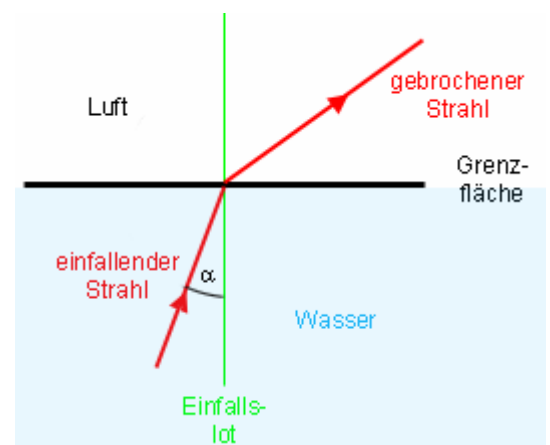
Beim Übergang von Wasser nach Luft wird der einfallende Strahl ... Lot ... gebrochen.

Ab einem bestimmten **Einfallswinkel** wird der einfallende Strahl an der Wasseroberfläche

Dieser Winkel heißt **Grenzwinkel der Totalreflexion**.

Wie groß ist dieser Winkel ungefähr für den Übergang von Wasser nach Luft? Schätze!

3. Lies zu Hause im Buch nach, wann das Phänomen Totalreflexion auftritt und notiere die Informationen im Heft.



Wichtig: Lasse die Fluoreszeinlösung im Trog. Wasche jedoch unbedingt die Kunststoffplatte, die Blende und den Spiegel mit klarem Wasser ab!

T1: Die Totalreflexion

Material:

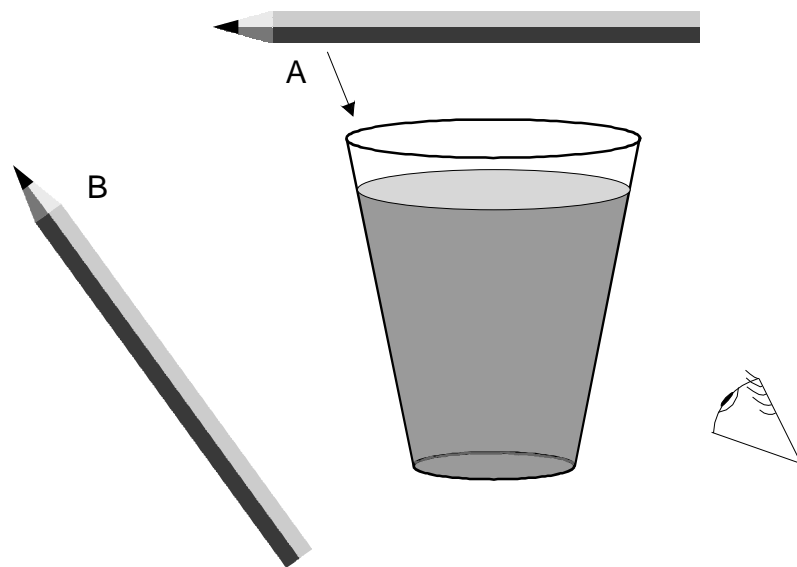
- 1 breites Glas (ohne Rillen)
- 1 Stift



Aufgaben:

Nimm ein Glas ohne Rillen, fülle es fast voll mit Wasser und schaue durch die Seitenwand die Wasseroberfläche von unten an.

- 1) Halte einen Bleistift an die Positionen A und B und beschreibe deine Beobachtungen.



- 2) Gib eine Erklärung!



Hausaufgabe:

- 3) Lies im Buch nach, wann das Phänomen "Totalreflexion" auftritt und halte deine Antwort im Heft fest.

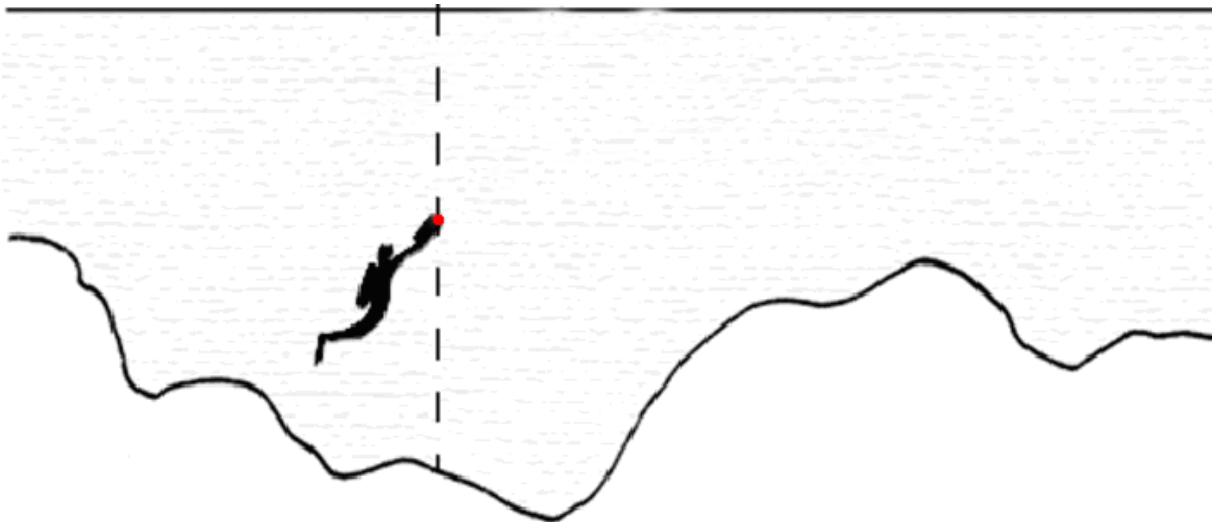
T2: Der Taucher und der Vogel



Aufgaben:

Was sieht ein Taucher von seiner Umwelt unter und über Wasser?

1. Im Schaubild siehst du einen Taucher mit Scheinwerfer unter Wasser. Gibt es Stellen über Wasser, wo ein Vogel fliegen könnte, ohne dass er vom Scheinwerferlicht getroffen wird? (Es reicht aus, wenn du den Bereich rechts der gestrichelten Linie betrachtest)



2. Schraffiere den Bereich über Wasser, in dem der Taucher einen Vogel sehen könnte, rot.
3. Zeichne auch Lichtstrahlen ein, die vollständig an der Wasseroberfläche reflektiert werden.

Lösung T2: Der Taucher und der Vogel

Der Vogel hat keine Chance, sich zu verstecken:



Ist der Einfallswinkel größer als der Grenzwinkel der Totalreflexion (das sind die Strahlen, die rechts des rot schraffierten Bereichs auf die Grenzfläche Wasser/Luft treffen), so wird das Licht vollständig reflektiert.

T3: Der Lichtleiter

Material:

- 1 Laserpointer (nie ins Auge!) oder 1 sehr helle Taschenlampe
- 1 Plexiglaslichtleiter
- 1 verhüllte PET-Flasche



Aufgaben:

1. Nimm den gewundenen Plexiglaslichtleiter und leuchte mit dem Laserpointer in das eine Ende hinein.

Beobachte den Strahlenverlauf und betrachte auch den Ausgang des Lichtleiters.



Diskutiert die Funktionsweise eines Lichtleiters.

Warum tritt das Licht nicht zur Seite aus dem Lichtleiter aus?

Was würde passieren, wenn man einen Lichtleiter (z.B. ein Glasfaserkabel) stark knicken (jedoch nicht brechen) würde?

Zusatz:



2. Bauanleitung für einen Wasser-Lichtleiter:

- a. Schneide in eine leere 2 l PET-Flasche ein kleines rundes Loch, in das du mit Silikon (oder Kaugummi) einen abgeschnittenen Trinkhalm montierst.

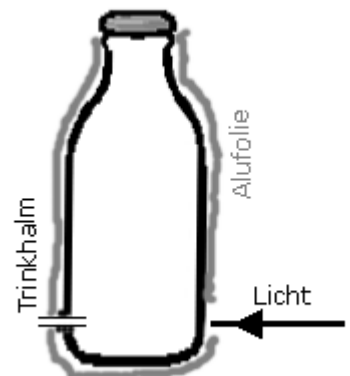
- b. Hülle die Flasche bis auf das kleine Loch vollständig in Alu ein.

- c. Schneide gegenüber des Trinkhalmes ein etwa 1 € Stück großes Loch in die Alufolie.

- d. Fülle die Flasche vollständig mit Wasser und halte dabei den Trinkhalm zu.

- e. Stelle die Taschenlampe oder den Strahler hinter die Flasche, so dass der Lichtkegel zum Strohhalm zeigt.

- f. Lasse jetzt das Wasser herausfließen (z.B. in die Badewanne) und fahre dabei mit deinem Finger im Wasserstrahl entlang.



Besonders eindrucksvoll wird der Effekt bei Dunkelheit.

Z1: Verlauf von Lichtstrahlen durch Glas

Material:

- Laserpointer, Auflage
- Papier, Halbzylinder, planparallele Platte

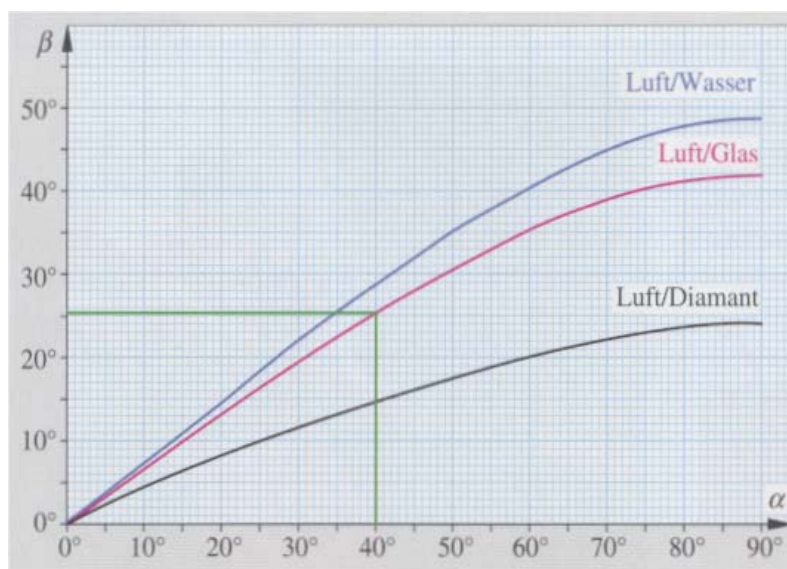
Aufgaben:

Lege den Laser in die vorgesehene Mulde des Brettchens und den Halbzylinder so auf das weiße Papier, dass der streifende Laserstrahl gut auf dem Papier sichtbar ist.

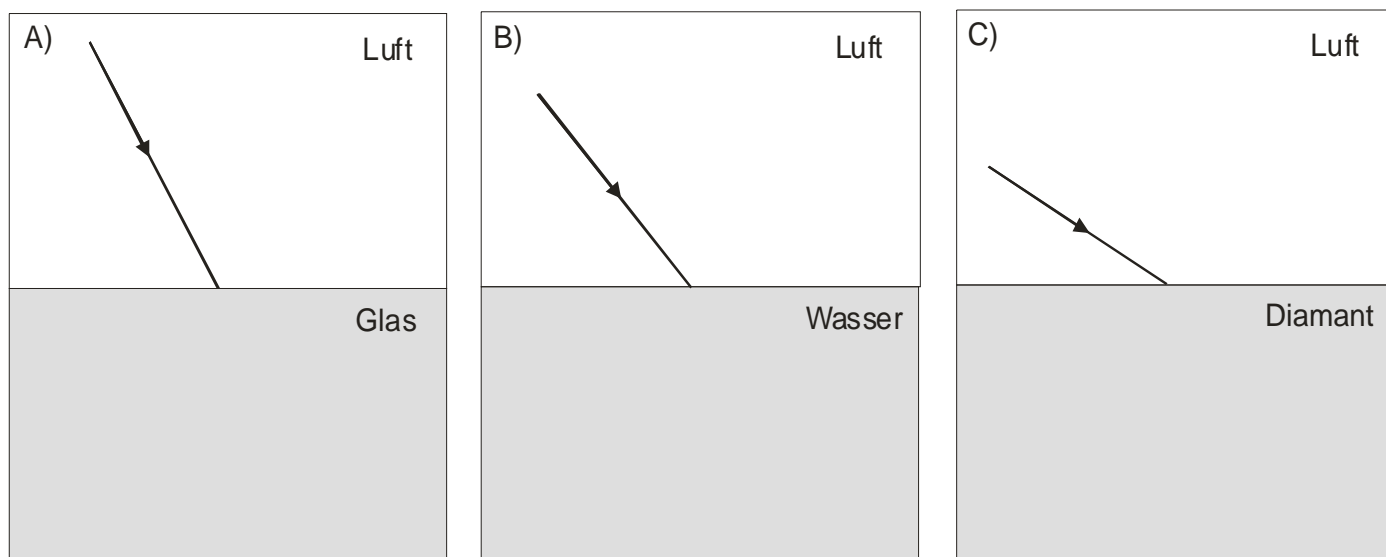
- 1) Drehe den Halbzylinder so, dass der einfallende Strahl mit verschiedenen Winkeln auf die gerade Seite einfällt. Formuliere deine Beobachtungen in der "je ..., desto ..." Form.
- 2) Umfahre den Halbzylinder auf dem Papier mit einem spitzen Bleistift. Lasse den Laserstrahl jetzt senkrecht auf die kreisförmige Seite einfallen.
 - a) Wo trifft der Laserstrahl die gerade Grenzfläche?
 - b) Miss den Brechungswinkel für den Übergang Glas \rightarrow Luft (gerade Grenzfläche) für die Einfallswinkel 0° , 10° , Zeichne dazu einige Strahlenverläufe, Winkel und Lot ein.
- 3) Nimm die planparallele Platte und lasse den Strahl unter verschiedenen Winkeln einfallen.
 - a) Welche Eigenschaft hat der doppelt gebrochene Strahl?
 - b) Formuliere eine "je ..., desto ..." Beziehung.

Z2: Brechung an einer Grenzfläche

Hier siehst du ein Diagramm, das den Zusammenhang zwischen α , dem Einfallswinkel, und β , dem Brechungswinkel, beim Übergang von Luft in einen anderen Stoff zeigt. Benutze dieses Diagramm bei der Bearbeitung der unten stehenden Aufgabe.



Aufgaben:



1) Ein Lichtstrahl fällt, wie unten in den Abbildungen A, B und C dargestellt, auf die Grenzfläche zu einem anderen Stoff. Konstruiere mit Hilfe des obigen Diagramms den gebrochenen Strahl zu den einzelnen Fällen A-C.

2) Ergänze durch die Wörter "dicht", "dünn", "dichteren" und "dünnere":

Beim Übergang von einem optisch ... in einen optisch ... Stoff, wird ein Lichtstrahl zum Lot hin gebrochen.

Beim Übergang in die umgekehrte Richtung, also von optisch ... nach optisch ..., wird der Strahl vom Lot weg gebrochen.

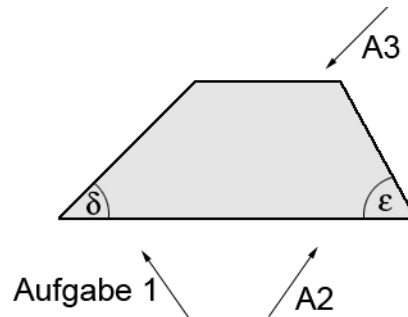
Z3: Mehrfache Brechung am Prisma

Material:

- Laserpointer (nie ins Auge!)
- Auflage, Papier, Prisma

Aufgaben:

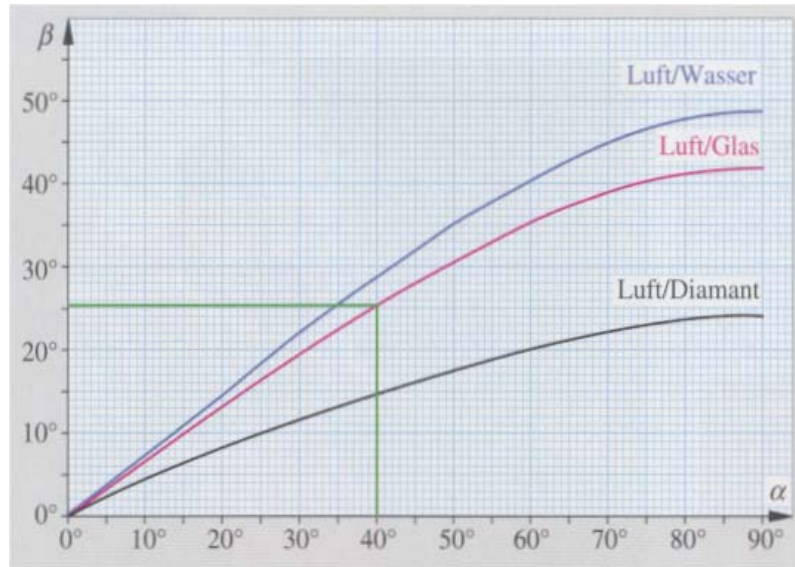
Positioniere den Laserpointer so in der Mulde, dass der streifende Laserstrahl gut auf dem Papier sichtbar ist.



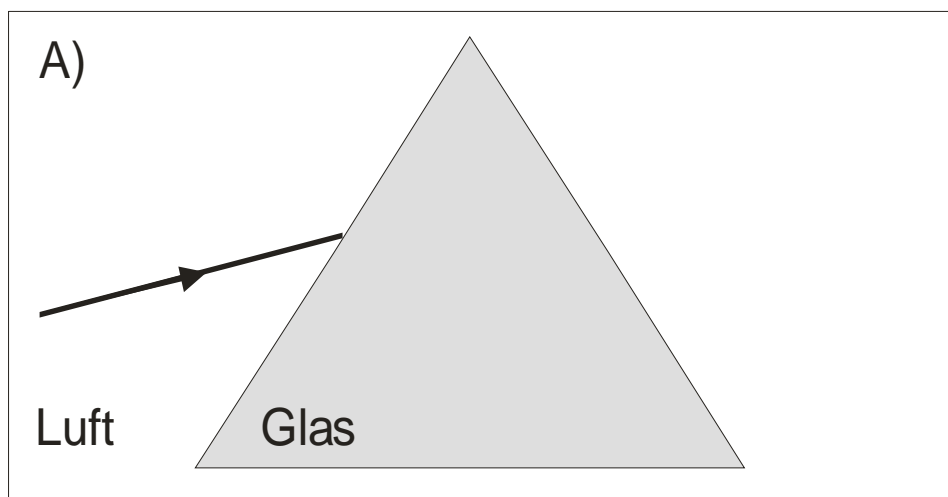
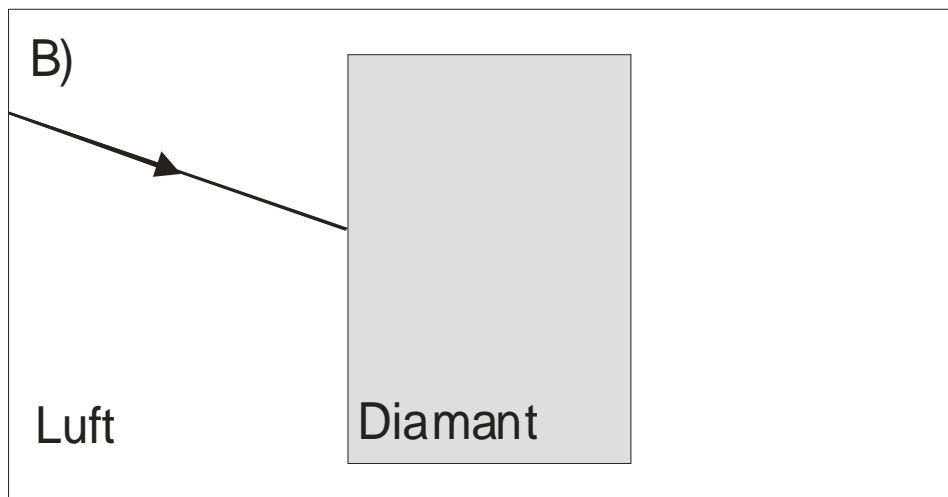
- 1) Lege das Prisma wie abgebildet auf das Papier und umfahre es mit dem Bleistift.
 - a) Strahle mit dem Einfallswinkel 40° (zum Lot!) ein und notiere in Worten, wie der Strahl verläuft.
 - b) Skizziere den Strahlenverlauf (mit einem Lineal).
 Tipp: Markiere mit der Stecknadel einige Löcher im Papier.
 - c) Bestimme den Ablenkwinkel zwischen dem ins Glas einfallenden und aus dem Glas austretenden Strahl.
 Tipp: Verlängere einfallenden und austretenden Strahl, bis sie sich treffen und miss dort den Winkel zwischen ihnen.
- 2) Wiederhole den ersten Versuch auf einem neuen Blatt Papier. Benutze wieder den Einfallswinkel 40° , jetzt aber die andere Ecke des Trapezes, d.h. den Keilwinkel $\epsilon = 60^\circ$.
 - d) Vergleiche die beiden ermittelten Ablenkwinkel aus Versuch 1 und 2 miteinander. Es wurde lediglich der Keilwinkel verändert. Formuliere deine Beobachtungen in der "Je ..., desto ..." Form.
- 3) Zusatz für Schnelle: Strahle nun aus Richtung 3 in das Prisma ein.
 - a) Wie liegen der einfallende und der ausfallende Strahl zueinander?
 - b) Verändere nun den Einfallswinkel und vergleiche wiederum einfallenden und ausfallenden Strahl. Formuliere eine "je ..., desto ..." Beziehung.

Z4: Brechung an mehreren Grenzflächen

Aufgaben:



- 1) Konstruiere den Strahlengang eines Lichtstrahls, der
 - a) ein optisches Prisma aus Glas
 - b) eine planparallele Platte aus Diamant durchläuft.



Vorlagen

Material:



10 min

Auswertung.



10 min

Diskussion.



10 min

Das ist ein Experiment.



Das ist eine Hausaufgabe.



10 min

Information.



10 min

Notiz.



10 min

Präsentation.



10 min

Tipps und Hinweise.

Quellen:

Die Grafiken - sofern nicht selbst erstellt - und viele Ideen sind hauptsächlich den folgenden Quellen entnommen:

H. Wiesner: Unterricht Physik Band 1: Optik 1. Aulis Verlag

H. Wiesner: Unterricht Physik Band 2: Optik II. Aulis Verlag

U. Finckh & E. Leitner: www.leifiphysik.de