

Vorlesungsmitschrift CG1- Raytracing - Reflexion und Refraktion

Sascha Feldmann s778455

Beuth Hochschule für Technik

Tabelle 1: Brechungsindizes

Medium	Brechungsindex n
Vakuum	1,0
Luft bei 20 Grad	1,003
Eis	1,31
Wasser	1,33
Glas	1,5
Diamant	2,42

1 EINLEITUNG

Jeder von uns kennt das: man sitzt im Sommer am See und läßt seine Beine im Wasser baumeln. Schaut man auf die eigenen Beine im Wasser, so erscheinen diese unter der Wasseroberfläche gebogen. Dieses Phänomen nennt sich **Refraktion** oder auch Brechung. Bleiben wir beim See. Man stelle sich vor, man lasse seinen Blick nun über die Wasseroberfläche in die Ferne schweifen. Was sieht man? Bis zu einer gewissen Distanz können wir den Grund des Sees sehen. Ab dieser Distanz sehen wir aber nur noch die Spiegelung bzw. **Reflexion**.

2 REFRAKTION

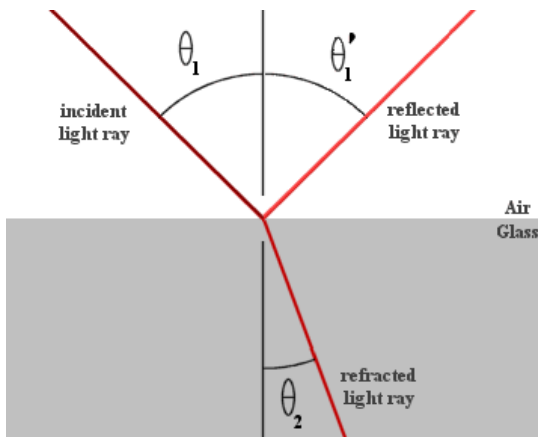


Abbildung 1: Reflexion und Refraktion

Refraktion bezeichnet allgemein die Änderung der Ausbreitungsrichtung einer Welle aufgrund einer räumlichen Änderung ihrer Ausbreitungsgeschwindigkeit. Konkret ändert sich die Ausbreitungsrichtung aufgrund der Brechung an einem Medium mit einem Brechungsindex n . Licht ist im Übrigen eine **Transversalwelle**; die Schwingung erfolgt also senkrecht zu der Ausbreitungsrichtung der Lichtwelle. Der Brechungsindex n gibt an, um welchen Faktor die Wellenlänge und die Phasengeschwindigkeit des Lichts kleiner sind als im Vakuum. Per Definition hat Vakuum einen Brechungsindex von exakt 1. Je größer der Brechungsindex ist, umso größer ist die Brechung.

Beim Erhitzen der Luft wird der Brechungsindex aufgrund der Änderung der Molekularstruktur größer, was sich in Form von Flimmern bemerkbar macht.

2.1 Mathematik

Der Brechungsindex wird im Snelliussche'm Brechungsgesetz definiert. Für ihn gilt: $n = \frac{c_0}{c_m}$. c_m ist hierbei die Phasengeschwindigkeit (Wellenlänge geteilt durch Periodendauer) im Medium.

Für unser Beispiel gilt:

$$\frac{\sin \phi_1}{\sin \phi_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

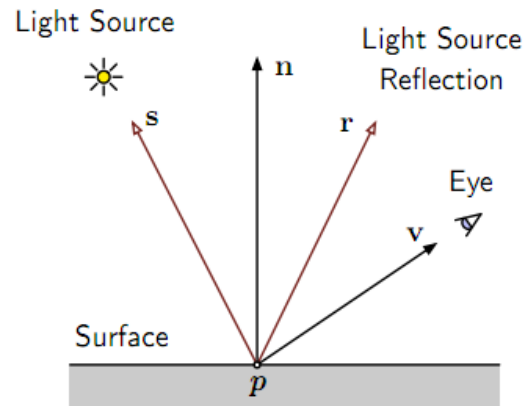


Abbildung 2: Situation im RayTracer

Wie berechnen wir \vec{t} ? Der \cos von ϕ_1 errechnet sich aus dem Skalarprodukt von unserer Normalen und der Richtung des Lichtstrahls.

$$\cos \phi_1 = \vec{n} \cdot \vec{d}$$

Den Cosinus des Refraktionswinkels berechnet man folgendermaßen:

$$\cos \phi_2 = \sqrt{1 - \frac{n_1^2}{n_2^2} (1 - \cos \phi_1)}$$

Umstellung auf das \vec{t} :

$$\vec{t} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right) \cdot \vec{d} + \left(\frac{n_1}{n_2} \cos \phi_1 - \cos \phi_2\right) \vec{n}$$

Dies gilt für $\cos \phi \geq 0$

Für $\cos \phi < 0$ gilt:

$$\vec{t} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right) \cdot \vec{d} + \left(\frac{n_1}{n_2} \cos \phi_1 + \cos \phi_2\right) \vec{n}$$

3 REFLEXION

Reflexion bedeutet das Zurückwerfen von Wellen an einer Grenzfläche, an der sich der Brechungsindex des Mediums ändert.

Man betrachte Abbildung 1. Laut dem Reflexionsgesetz ist der Ausfallswinkel genauso groß wie der Einfallswinkel:

$$\cos \phi_1 = \cos \phi_2$$

4 BERECHNUNG IM RAYTRACER

Der RayTracer muss für ein vom Licht getroffenes Material letztendlich die beiden Komponenten Refraktion und Reflexion berechnen. Dabei müssen beide Werte miteinander verrechnet werden. Man denke nochmals an die Vorstellung, man befinde sich am See und schaue in die Ferne. Auch in diesem Szenario spielen beide Komponenten eine elementare Rolle für den visuellen Eindruck.

Wir berechnen daher einen Faktor T :

$$T = 1 - R$$

Für R gilt:

$$R = R_0 + (1 - R_0)(1 - \cos \phi_1)$$

R_0 ist:

$$R_0 = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

Wie ändert sich der Wert von R ? Fällt der Lichtstrahl senkrecht auf das Brechungsmedium, gilt $R = 1$. Außerdem ändert sich der Wert je nach Einfallswinkel (man denke wieder an den See), sodass ab einem relativ geringem/flachem Einfallswinkel nur noch Reflexion auftritt.

5 SITUATION UNTER DER WASSEROBERFLÄCHE UND TOTALREFLEXION

Nachdem wir uns so lange über dem Wasser aufgehalten haben, möchten wir uns jetzt in das Medium hineindenken. Was sieht man unter der Oberfläche des Wassers, wenn man nach oben schaut? Man sieht letztendlich nicht den Himmel.

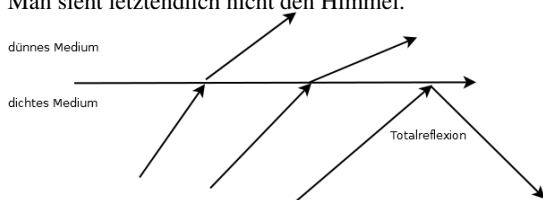


Abbildung 3: Totalreflexion

Wenn man den Winkel vom Betrachter zur Wasseroberfläche verkleinert (der Einfallswinkel wird größer), so kommt es ab einem gewissen Grad (definiert als Grenzwinkel der Totalreflexion) zu einem sprunghaften Anstieg des Reflexionsgrads auf 100 Prozent. Der Lichtstrahl wird dann in das Ausgangsmedium zurückgeworfen.

Dies funktioniert nur, wenn ein Lichtstrahl aus einem optisch dichteren Medium auf ein optisch dünneres Medium fällt, wobei der Strahl vom Lot weggebrochen wird.

6 QUELLEN

- http://www.leifiphysik.de/web_p/h07g8/grundwissen/StefanRehfeld-FolieWS2010-Lighting
- http://de.wikipedia.org/wiki/Snelliusches_Brechungsgesetz
<http://de.wikipedia.org/wiki/Brechungsindex>
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Brechung_\(Physik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Brechung_(Physik))
[http://de.wikipedia.org/wiki/Reflexion_\(Physik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Reflexion_(Physik))