

# Auch das noch!

## WASSER IM GLAS

Autor: Uwe Gleiß, Franz-Ludwig-Gymnasium Bamberg, Computergrafikgruppe (CoGra-FLG) • Kontakt: cogra-flg@web.de  
Dieses Werk steht unter einer Creative Commons Lizenz (Details durch Klick auf diesen Text).



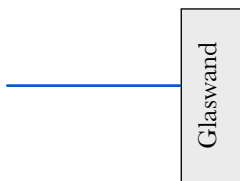
Wasser glaubhaft in einem Gefäß darstellen, da geht so manches schief. Und da meiner Ansicht nach auch manche Anleitung entscheidende Fehler enthält: Hier ein paar Gedanken zum Thema (ohne den Anspruch zu erheben alles richtig zu machen):



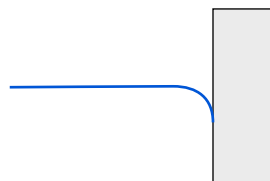
### PROBLEME

#### Oberfläche

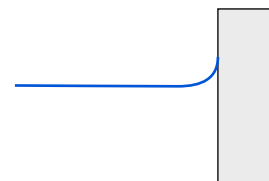
Wasser benetzt die Glasoberfläche. Auf Grund der Oberflächenspannung ist der Flüssigkeitsspiegel in einem Gefäß nicht brettflach sondern steigt dicht am Rand ein wenig an. Selbst auf mittleren Abstand ist das bei einem realen Glas zu erahnen (siehe rechts). Kommt man bis auf eine gewisse Nähe an das Glas heran, dann lohnen sich hier einige Polygone mehr.



Einfach aber falsch



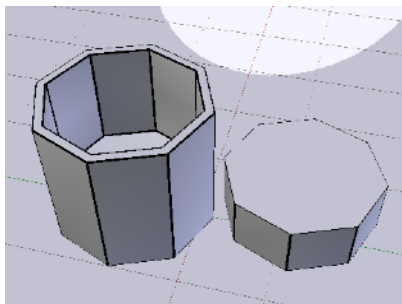
Nur bei von unten eingefülltem Wasser



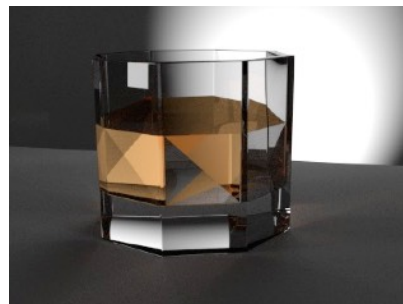
Korrekt bei Wasser in einem Glas

#### Brechung von Licht

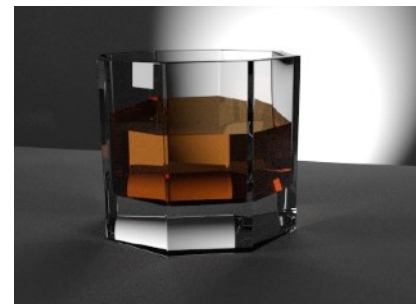
Oft wird in Tutorials die Flüssigkeit als eigenes Objekt in Glas oder Flasche modelliert. Dabei ergibt sich das Problem, dass an der Grenze Glas/Wasser zwei Flächen aufeinander liegen. Beim Rendern entstehen Artefakte (Rauschen, seltsame Wechsel zwischen den Materialien etc.). Eine häufige Lösung ist, den Flüssigkeitskörper etwas zu schrumpfen. Bezüglich der Brechung liefert das einen Strahlverlauf, der nahezu korrekt ist. Da aber bei Brechung fast immer die Reflexion an der Oberfläche mit einbezogen wird kommt es zu zwei Spiegelungen (einmal Glas-Luft, einmal Luft Wasser), was das Bild verfälscht. Außerdem kann es mit der Luftschicht zwischen Glas und Wasser nicht zu Totalreflexion von Glas nach Wasser kommen.



zwei massive Objekte, Wasser (hier Whiskey) und Glas



Gemeinsame Flächen sorgen für Fehler (berechnet in Cycles)

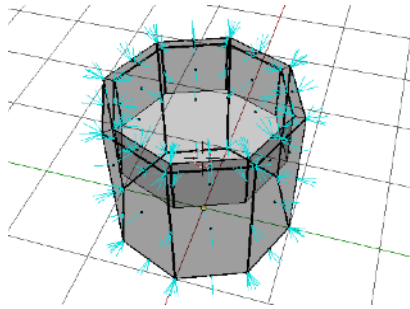


Mit winzigem Abstand zw. Glas und Wasser

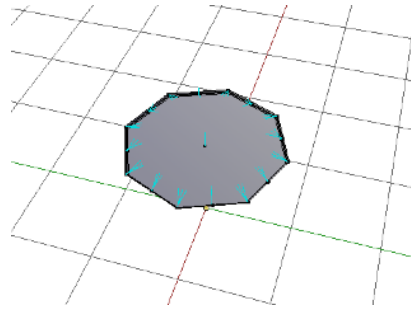
# LÖSUNG

Der Trick mit der winzigen Luftschicht ist beim Boden des Glases sinnvoll, denn hier existiert in der Realität wirklich eine winzige Luftschicht zwischen Unterlage und Glas. Soll die Brechung korrekt sein und nicht nur so wirken, dann muss beim Wasser eine andere Lösung her.

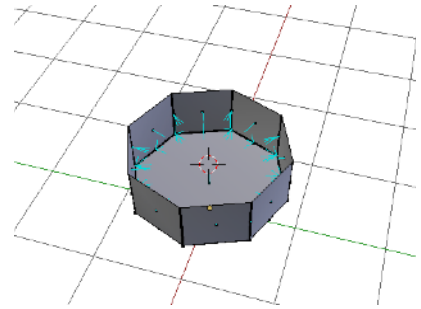
Es kommt zu drei verschiedenen starken Brechungen von Licht: Luft/Glas, Luft/Wasser und Wasser/Glas. Das Objekt muss für eine korrekte Darstellung in drei Flächen aufgeteilt werden, die den entsprechenden Grenzschichten entsprechen. Doppelte Flächen werden dabei vermieden. Wichtig ist auch, dass die Normalenvektoren richtig ausgerichtet sind:



Alle Glasflächen ohne Wasserkontakt  
Normalen zeigen nach außen (in die Luft)



Wasseroberfläche, Normalen nach oben



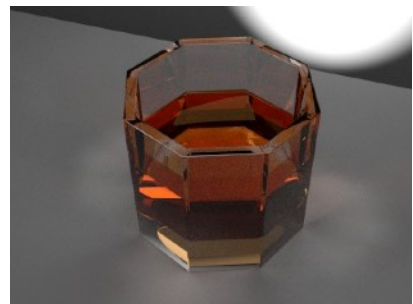
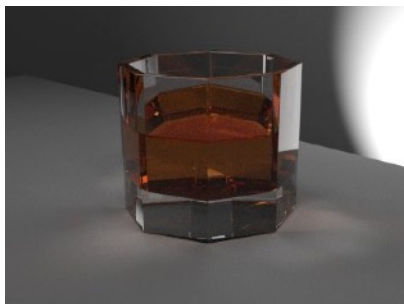
Kontaktfläche Wasser Glas, Normalen ins  
Innere der „Schüssel“

Bei den drei Materialien müssen die Brechzahlen zueinander passen:

- Glaskörper mit der Brechzahl für den Übergang Luft-Glas, z.B. 1,45
- Wasseroberfläche mit Brechzahl für den Übergang Luft-Wasser, 1,33
- Beim Übergang Wasser-Glas ist die Brechzahl der Bruch der beiden anderen, hier also  $1,45 / 1,33$

# RESULTAT

Zugegeben, ist das Glas nur Beiwerk mag es egal sein, aber auf jeden Fall sieht das anders aus als die fehlerbehafteten Lösungen oben.



Alle Bilder außer den Screenshots wurden mit 5000 Zyklen und Full Global Illumination berechnet.

Beleuchtet wurde mit einem Spot auf eine Rückwand, drei leuchtende Flächen sorgen für Aufhellung, vor allem aber für helle Glanzlichter durch Nutzung der folgenden Schaltung:

