Prof. G. Zachmann
Max Kaluschke
Toni Tan

Universität Bremen
Fachbereich 3
Arbeitsgruppe CGVR
15. Januar 2019

Wintersemester 2018/19

Übungen zu Computergraphik - Blatt 10

Abgabe am 27.01.2019

Aufgabe 1 (Transformationen, *6+5 Punkte*)

In dieser Aufgabe sollen einige Funktionen für ein kleines Carambolage-Billardspiel implementiert werden. Die Grundregeln des Spiels sind denkbar einfach: Der Spieler versucht mit der Spielkugel (weiße Kugel) die beiden anderen Kugeln zu berühren. Gelingt ihm dies, erhält er einen Punkt. Auf der Homepage finden Sie ein entsprechendes Framework.

a) Zuerst soll eine Kamerasteuerung implementiert werden. Dabei ist zwischen 3 verschiedenen Zuständen zu unterscheiden:
   i) Im Zustand `STATE_FREELOOK` soll sich die Kamera auf einer Halbkugel mit Radius `m_radius` und Mittelpunkt im Ursprung um den Tisch herum bewegen lassen. Der Radius lässt sich mittels der Pfeiltasten (hoch, runter) einstellen. Die Position der Kamera auf der Kugeloberfläche wird durch Kugelkoordinaten bestimmt und soll sich durch Mausbewegungen verändern lassen (Siehe Abb 1). Dabei soll die Kamera stets in Richtung des Mittelpunktes der Kugel (also des Ursprungs) schauen. Die Winkel der Kugelkoordinaten stehen Ihnen in den Variablen `m_phiRot` und `m_thetaRot` zu Verfügung und sind im Gradmaß angegeben.Die entstehende Matrix soll in der Variable `m_matEye` gespeichert werden. Der Tisch ist in der xy-Ebene ausgerichtet.

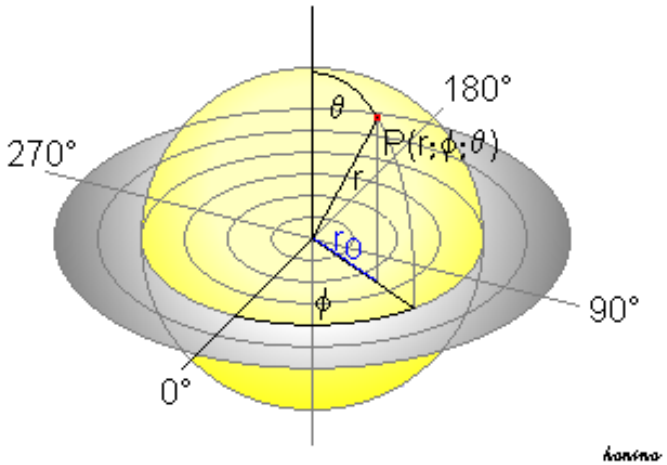


Abbildung 1: Kugelkoordinaten

Achten Sie darauf, dass die Kamera sich wirklich nur auf einer Halbkugel bewegt und es nicht möglich ist, unter den Tisch zu blicken.

ii) Durch Drücken der rechten Maustaste wechselt man in den sogenannten Stoß-Modus (`STATE_SHOOTING`). Auf dem Bildschirm wird eine Skala angezeigt, mit der man die Stoßstärke mit Hilfe der Pfeiltasten(links, rechts) einstellen kann. In diesem Zustand soll die Kamera sich ähnlich wie im Zustand `STATE_FREELOOK` bewegen lassen. Allerdings ist der Mittelpunkt der Halbkugel in diesem Zustand die Spielkugel `m_balls[0]`. Durch das Drehen der Kamera legt man die Stoßrichtung fest. Das Drücken der Leertaste löst den Stoß aus.

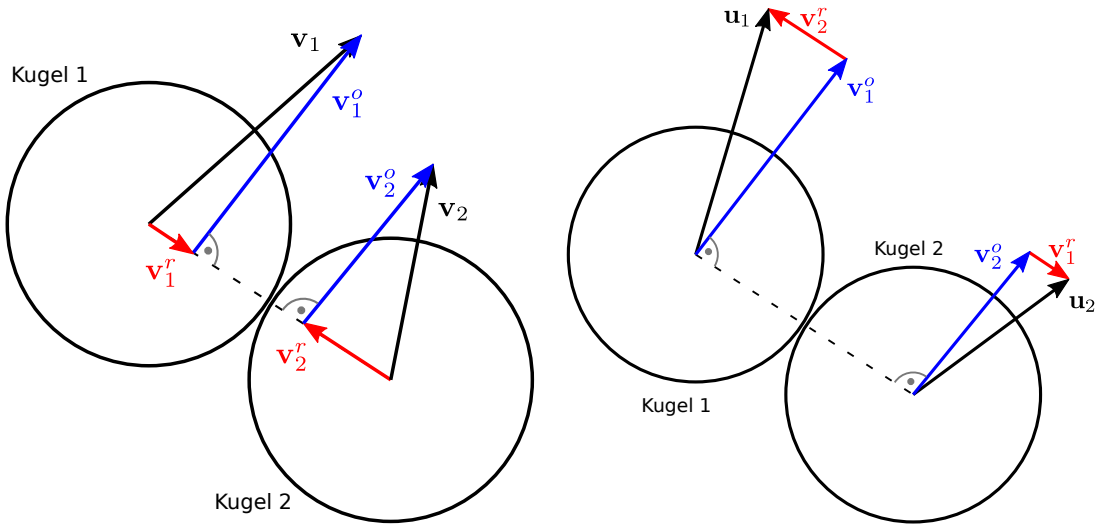
iii) Nach Auslösen des Stoßes wechselt das Spiel in den Simulations-Zustand `STATE_BALLSMOVING`. Hier werden die Kugeln entsprechend der Stoßkräfte bewegt. Beim Wechsel in diesen Zustand soll die Kamera zentral über dem Tisch positioniert werden, so dass der gesamte Tisch und damit die Kugelbewegungen zu sehen sind. Nach Beendigung der Simulation, wechselt das Spiel wieder in den Anfangs-Zustand `STATE_FREELOOK`.

Implementieren Sie die 3 Kamerasteuerungsarten in der Methode `GLWidget::moveCamera()`.

b) Im zweiten Teil der Aufgabe soll die Bewegung der Kugeln berechnet werden:

i) Dazu muss zuerst die Bewegungsrichtung des Spielballs in der Funktion `GLWidget::shoot()` berechnet werden. Wie in Aufgabenteil a) schon beschrieben, soll sich der Spielball in Blickrichtung bewegen. Setzen Sie dazu `m_balls[0].velocity` auf den entsprechenden Wert. Achten Sie darauf, dass der Geschwindigkeitsvektor normalisiert ist, da er später mit der Stoßstärke skaliert werden muss. Verwenden Sie nur die $x-$ und $y-$Koordinaten des Blickrichtungsvektors (da im Moment noch keine Schwerkraft simuliert wird). Die Stoßstärke wird in der Variable `m_momentum` als Bruchteil der maximalen Stoßstärke `max_momentum` gespeichert. Für die endgültige Geschwindigkeit müssen daher beide Variablen multipliziert werden.

ii) Nach Festlegung der Stoßrichtung und -stärke beginnt die Simulation der Kugelbewegungen in der Methode `GLWidget::simulate()`. Hier werden zuerst die neuen Positionen der Kugeln berechnet. Anschließend wird überprüft, ob zwei Kugeln kollidieren. Falls dies der Fall ist, müssen die Geschwindigkeitsvektoren der Kugeln neu gesetzt werden. Implementieren Sie dazu die Funktion `GLWidget::calcNewVelocitiesBallBall(indexBall1, indexBall2)`. `indexBall1` und `indexBall2` enthalten die Indizes der kollidierenden Kugeln im `m_balls`-Array.



Vor dem Stoß

Nach dem Stoß

Wenn zwei Kugeln kollidieren, müssen zunächst die Geschwindigkeitvektoren $\mathbf{v}_1$ und $\mathbf{v}_2$ zerlegt werden in die Vektoren $\mathbf{v}_1^r$ und $\mathbf{v}_2^r$, die in Richtung der anderen Kugel wirken, und in die dazu orthogonalen Vektoren $\mathbf{v}_1^o$ und $\mathbf{v}_2^o$.

Aus der Physik weiß man, dass die Geschwindigkeitskomponente $\mathbf{u}_1^r$ nach dem Stoß berechnet wird durch

$$\mathbf{u}_1^r = \frac{2m_2\mathbf{v}_2^r + (m_1 - m_2)\mathbf{v}_1^r}{m_1 + m_2}$$

und analog für $\mathbf{u}_2^r$. Da unsere Billardkugeln alle die gleiche Masse haben sollen, erhalten wir $\mathbf{u}_1^r = \mathbf{v}_2^r$ und $\mathbf{u}_2^r = \mathbf{v}_1^r$. Die Komponenten $\mathbf{v}_1^o$ und $\mathbf{v}_2^o$ bleiben unverändert.

Jetzt müssen die Geschwindigkeitsvektoren addiert werden. Für die Vektoren nach dem Stoß ergibt sich damit $\mathbf{u}_1 = \mathbf{v}_1^o + k\mathbf{v}_2^r$ und $\mathbf{u}_2 = \mathbf{v}_2^o + k\mathbf{v}_1^r$ mit k als (physikalisch nicht 100%ig korrektem) Elastizitätsfaktor. Im Framework heißt dieser Faktor `elasticity` und ist sehr nah an 1.

iii) Nach der Kollisionsberechnung der Kugeln untereinander erfolgt noch ein Test, ob die Kugeln mit den Banden kollidieren. Auch in diesem Fall müssen die Geschwindigkeitsvektoren der Kugeln neu berechnet werden. Implementieren Sie dazu die Methode `GLWidget::calcNewVelocitiesBallBank(indexBall, banknormal[])`. Die Kollision einer Kugel mit einer Bande entspricht einer Reflexion, d.h. Einfallswinkel = Ausfallswinkel. Außerdem tritt infolge der Kollision ein Geschwindigkeitsverlust ein. Dieser entspricht dem Cosinus des Einfallswinkels multipliziert mit dem Verlustfaktor `bankfactor`.