



Praktikum – iOS-Entwicklung

Sommersemester 2018

Prof. Dr. Linnhoff-Popien

Markus Friedrich, Kyrill Schmid

Games

SpriteKit, GameplayKit

SpriteKit

SpriteKit ist ein Framework zur Erstellung von 2D Spielen.

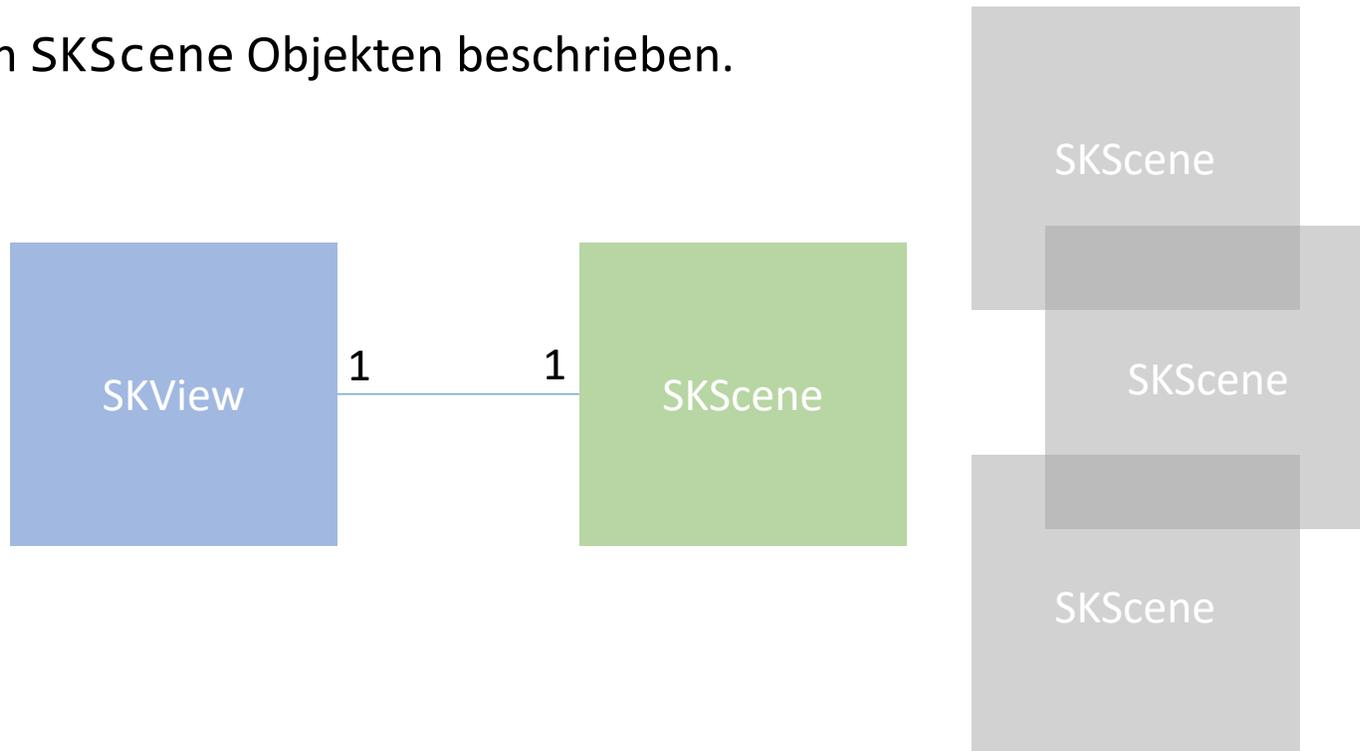
Es stellt Funktionalität für die folgenden Bereiche zur Verfügung:

- Darstellen von Sprites und Spriteanimationen
 - Partikeleffekte
 - Font Rendering
 - 2D Physikengine
 - Audioeffekte
-
- Unterstützte Plattform: iOS, macOS, tvOS



SpriteKit – SKView und SKScene

- Ein SKView Objekt bietet den Rahmen, in dem der Spielinhalt dargestellt wird.
- Die Spielinhalte werden von SKScene Objekten beschrieben.

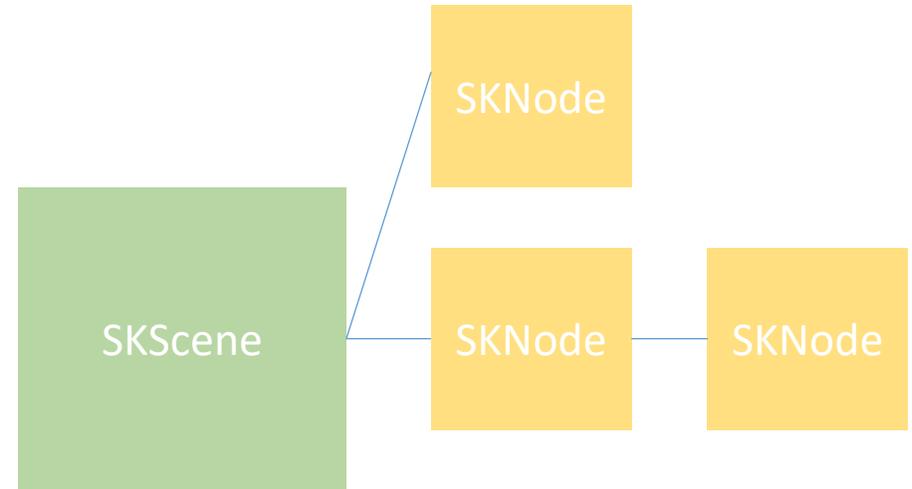


SpriteKit – SKView

- Ein SKView Objekt kann für folgende Dinge verwendet werden:
 - Konfiguration: Bildwiederholrate, Automatisches Entfernen nicht-sichtbarer Bildelemente,...
 - Debuginformationen: Bildwiederholrate , Physikinfos, Anzahl Objekte,...
 - Simulation pausieren
 - Rendern von Szeneninhalten in eine Textur
 - ...
- Die Szene, die dargestellt werden soll, kann mit `presentScene(SKScene?)` geändert werden.

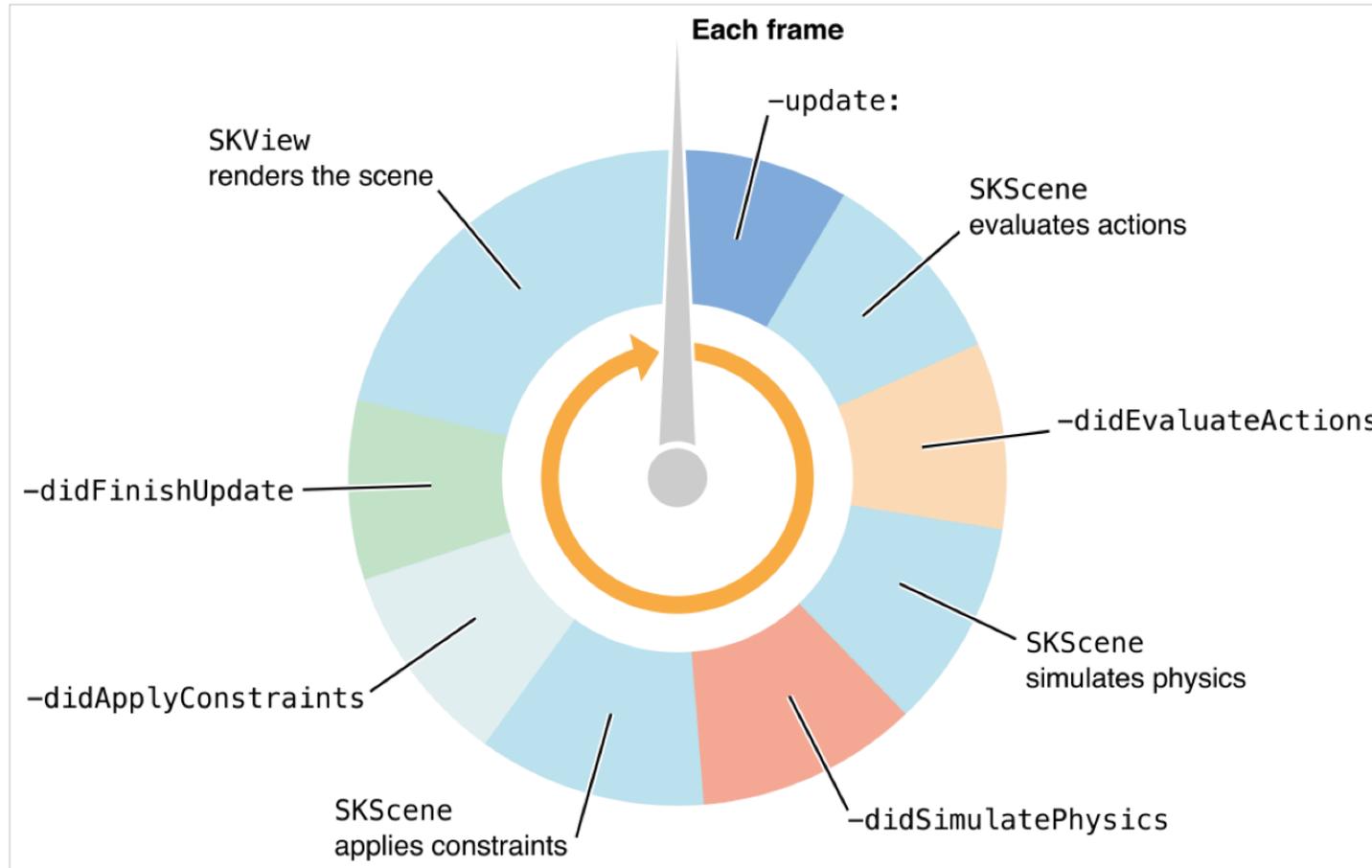
SpriteKit – SKScene

- Ein SKScene Objekt kann folgendes enthalten:
 - Visueller Inhalt (Sprite, Text, Partikel, Animationen)
 - Spiellogik



- Um eine neue Szene zu implementieren, kann man entweder von SKScene erben (in den meisten Fällen bevorzugt), oder das SKSceneDelegate implementieren.
- Mögliche Aktionen:
 - Hintergrundfarbe ändern
 - Viewport ermitteln
 - Die Physiksimulation verwalten (z.B. Schwerkraft konfigurieren, siehe SKPhysicsWorld)
 - In die Szenenrepräsentation und den Animation/Simulationssablauf eingreifen
 - (Positional) Audio konfigurieren (siehe SKAudioNode und listener Property von SKScene)

SpriteKit – Game Loop



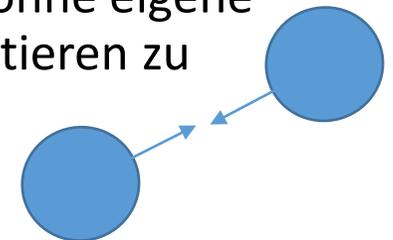
<https://developer.apple.com/documentation/spritekit/skscene>

17.05.2018

Markus Friedrich, Kyrill Schmid - Praktikum iOS-Entwicklung SS18

update: Wird einmal pro Frame aufgerufen. Kann für Spielelogik verwendet werden.

didApplyConstraints: Wird aufgerufen, nachdem alle Constraints angewandt wurden. Constraints (SKConstraint) werden verwendet, um Beziehungen zwischen Szenenelementen auszudrücken (bzgl. Rotation, oder Position), ohne eigene Logik implementieren zu müssen.

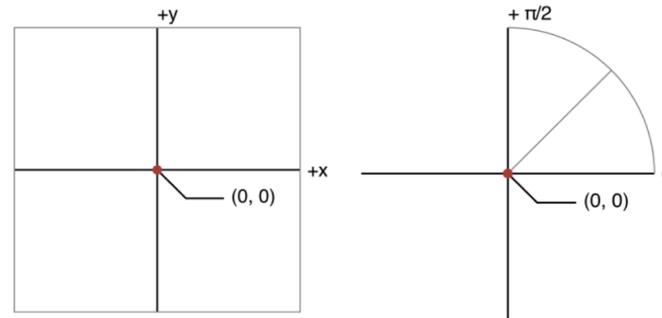


SpriteKit – SKNode

- Alle (visuellen) Elemente einer Szene werden mit Objekten von Klassen, die von SKNode ableiten dargestellt:
 - SKSpriteNode: Darstellung von 2D Texturen auf einem Quad.
 - SKLightNode: Licht und Schatten für ausgewählte Sprites.
 - SKAudioNode: (Positions-basiertes) Abspielen von Audiosamples.
 - SKEmitterNode: Darstellung und Animation von Partikeln.
 - SKLabelNode: Darstellung von Text
 - ...
- Jedes SKNode Objekt verfügt über eine Position (x,y), Skalierung (x,y), Rotation (z-Achse) und Bounding Box
- SKNode Objekte sind nicht sichtbar, können aber benutzt werden, um andere Szenenelemente zu gruppieren (z.B. um mehrere Layer zu gruppieren in Parallax Games)
=> Position + Rotation + Skalierung werden auch auf Kindelemente angewandt

SpriteKit – Koordinatensystem & Darstellung

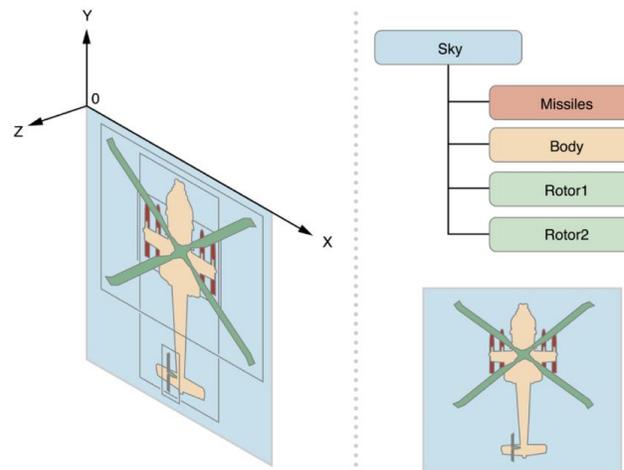
- Koordinatensystem:



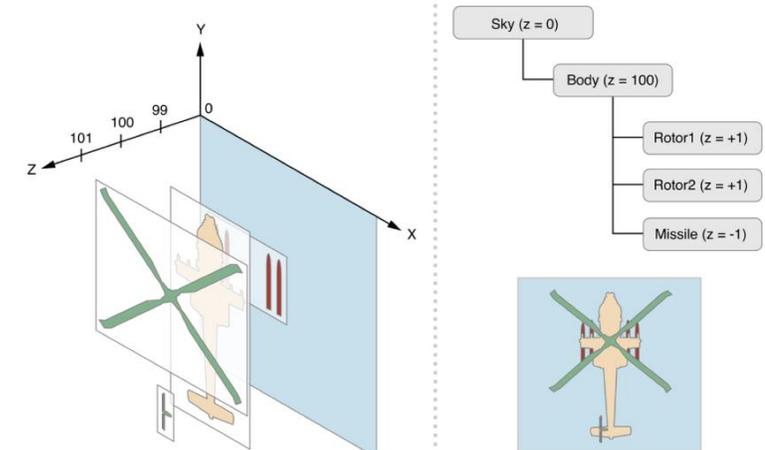
Performance: Reihenfolge gemäß zPosition erlaubt dem Renderer, nach Textur zu sortieren (wenn ignoreSiblingsOrder == true).

- Darstellungsreihenfolge:

Reihenfolge gemäß **Hierarchie & Ordnung**



Reihenfolge gemäß **zPosition**



SpriteKit – Erzeugung

- Beispiel:

```
class GameScene : SKScene {
    var label : SKLabelNode!
    var sprite : SKSprite!

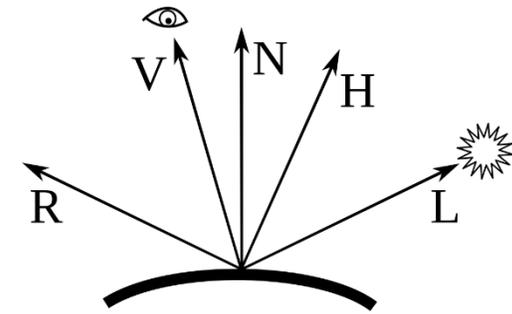
    override func didMove(to view: SKView) {
        label = SKLabelNode(fontNames: „Courier“)
        label.text = „Hello, world!“
        label.position = CGPoint(x:100, y:100)
        addChild(label)

        sprite = SKSpriteNode(imageNamed: „sprite.jpg“)
        sprite.position = CGPoint(x:400, y:300)
        sprite.zPosition = -1
        addChild(sprite)
    }
}
```

Aus dem „Content“
Ordner in XCode.

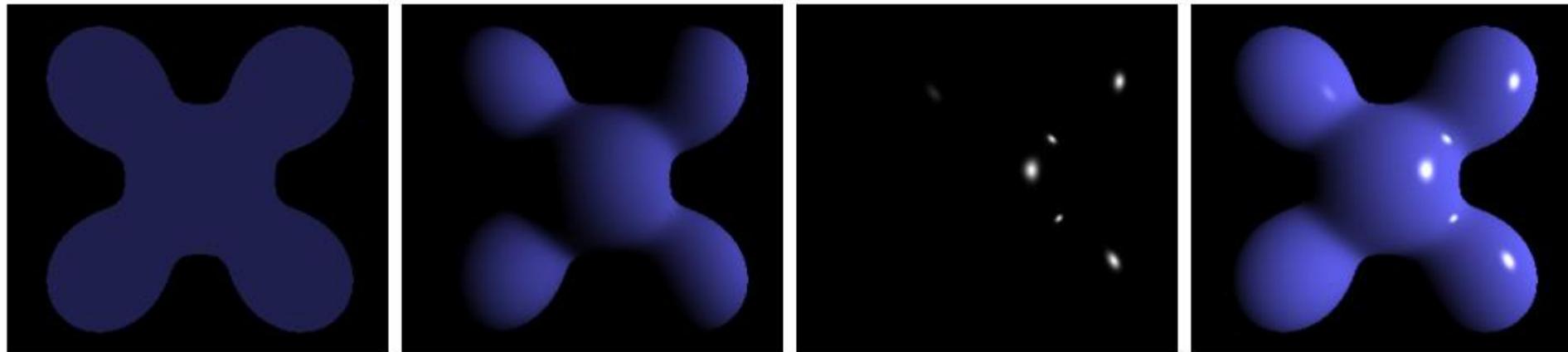


SpriteKit – Licht & Schatten



https://en.wikipedia.org/wiki/Phong_reflection_model#/media/File:Blinn_Vectors.svg

Exkurs: Phong-Beleuchtungsmodell



Ambient + Diffuse + Specular = Phong Reflection

https://de.wikipedia.org/wiki/Phong-Beleuchtungsmodell#/media/File:Phong_components_version_4.png

`SKLightNode.ambientColor` | `lightColor`

Lichtstärken

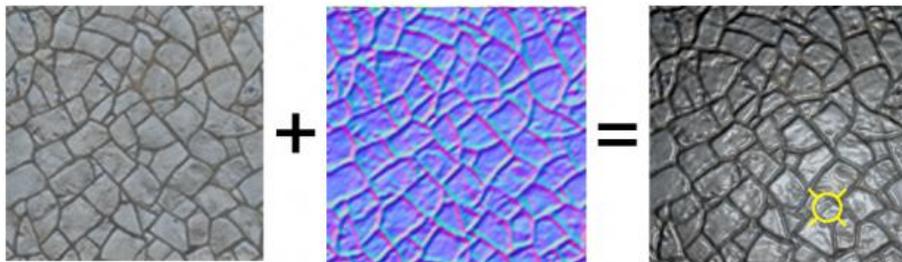
Reflexionsfaktoren

$$I_{\text{out}} = I_{\text{a}} k_{\text{ambient}} + I_{\text{in}} \left[k_{\text{diffus}} (\vec{L} \cdot \vec{N}) + k_{\text{specular}} \frac{n+2}{2\pi} (\vec{R} \cdot \vec{V})^n \right]$$

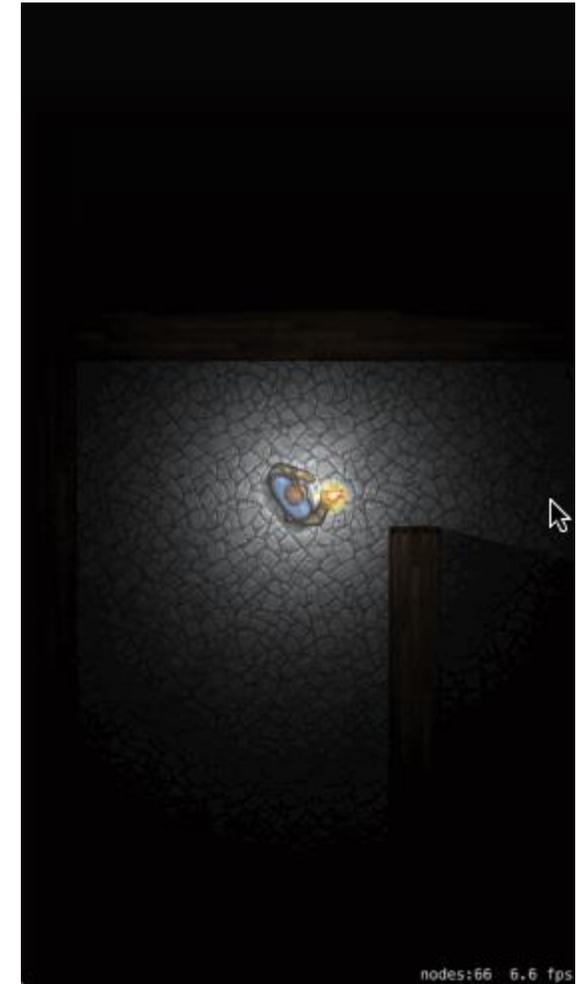
SpriteKit – Licht & Schatten

SpriteKit verfügt über ein System zur Berechnung von Licht & Schatteneffekten.

- Licht:
 - Hinzufügen eines SKLightNode Objekts zu einem SKNodeSprite Objekt.
 - Licht hat Category Mask
 - Sprite hat Light Mask, Shadow Cast Mask, Shadowed Mask
 - If Category Mask AND Light/Shadow/Shadowed Mask == true wird Lichtberechnung auf Sprite angewendet.
- Normal Maps:



<https://www.raywenderlich.com/158961/introduction-spritekit-scene-editor>



<https://www.raywenderlich.com/158961/introduction-spritekit-scene-editor>

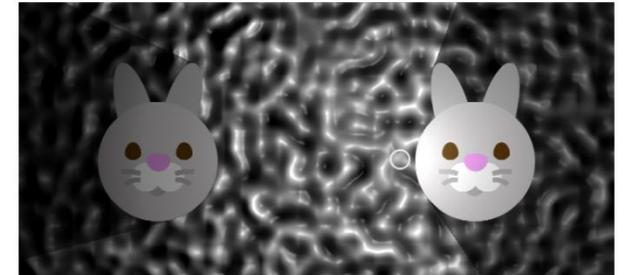
SpriteKit – Licht & Schatten

Beispiel:

```
let lightNode = SKLightNode()
lightNode.categoryBitMask = 0b0001
lightNode.lightColor = .white
scene.addChild(lightNode)

let background = SKSpriteNode(texture: noiseTexture,
                               normalMap: noiseTexture.generatingNormalMap())
background.lightingBitMask = 0b0001
scene.addChild(background)

for position in [CGPoint(x: x, y: y), CGPoint(x: y, y: y)] {
    let rabbit = SKSpriteNode(imageNamed: "rabbit")
    rabbit.position = position
    spriteKitViewController.scene.addChild(rabbit)
    rabbit.lightingBitMask = 0b0001
    rabbit.shadowCastBitMask = 0b0001
}
```



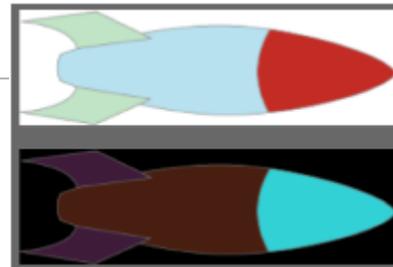
<https://developer.apple.com/documentation/spritekit/skspritenode>

SpriteKit – Shader Programmierung

Ein SKSpriteNode Objekt hat ein shader Property, mit dem ein OpenGL ES fragment shader definiert werden kann.

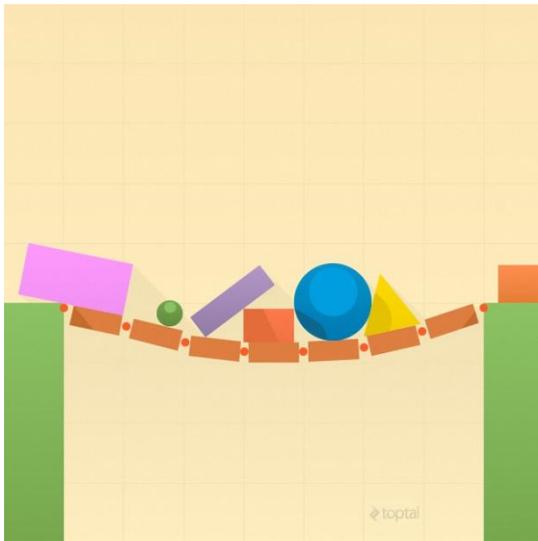
```
sprite = SKSpriteNode(imageNamed: „rocket.jpg“)  
sprite.position = CGPoint(x:400, y:300)  
sprite.zPosition = -1  
sprite.shader = SKShader(source:  
    "void main() { " +  
    "    gl_FragColor = vec4(1.0 - SKDefaultShading().rgb, SKDefaultShading().a); " +  
    "}")  
  
addChild(sprite)
```

<https://developer.apple.com/documentation/spritekit/skspritenode>



SpriteKit - Physik

Das SpriteKit enthält eine einfach zu verwendende 2D-Physik-Engine, die Starrkörperbewegungen simulieren kann.



<https://www.toptal.com/game/video-game-physics-part-iii-constrained-rigid-body-simulation>

Das SpriteKit enthält eine einfach zu verwendende 2D-Physik-Engine, die Starrkörperbewegungen simulieren kann.

```
let box = SKSpriteNode(color: UIColor.red, size:
CGSize(width: 64, height: 64))
addChild(box)
//Physics body for box
box.physicsBody = SKPhysicsBody(rectangleOf:
CGSize(width: 64, height: 64))
box.physicsBody?.restitution = 0.4 //”Bounciness”
//Physics body for the whole scene
physicsBody = SKPhysicsBody(edgeLoopFrom: frame)
```

SpriteKit - SKPhysicsWorld

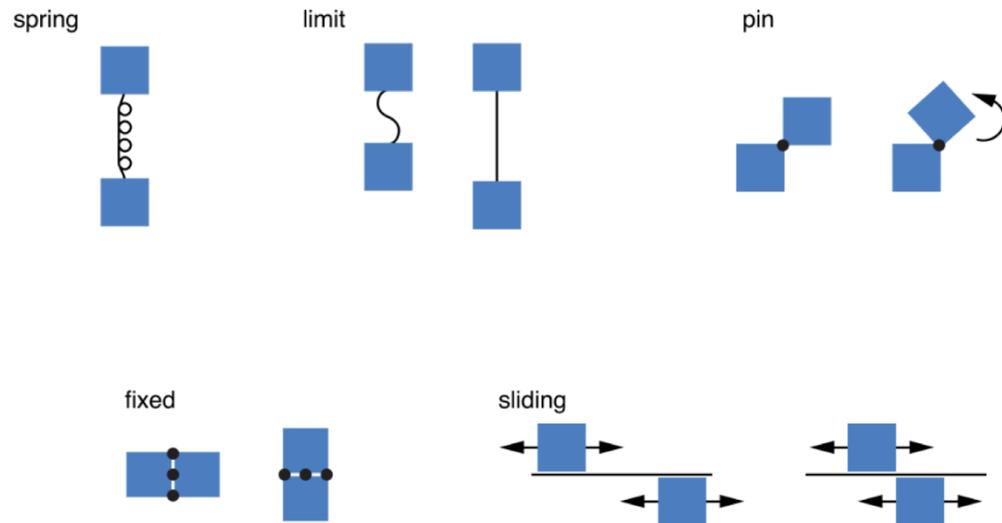
- Jede Szene enthält ein Property des Typs `SKPhysicsWorld`, welches die komplette Physiksimulation übernimmt.
- Folgendes lässt sich damit bewerkstelligen:
 - Setzen von Simulationsparametern Schwerkraft (`gravity`, als 3D Vektor) und Simulationsgeschwindigkeit (`speed`, 1.0: normal, 0.0: pausiert)
 - Suche von Körpern (`SKPhysicsBody`) basierend auf Punkten, Regionen, Strahlen zwischen Körpern.

Einfluss der Schwerkraft lässt sich durch die Eigenschaft `affectedByGravity` ausschalten.

SpriteKit – Physikkörper verbinden

SKPhysicsBody Objekte lassen sich verbinden:

<https://developer.apple.com/documentation/spritekit/skphysicsjoint>



```
let pinJoint =  
SKPhysicsJointPin.joint(withBodyA:  
pin.physicsBody!,  
bodyB: piston.physicsBody!,  
anchor: pin.position)  
  
scene.physicsWorld.add(pinJoint)
```

Verschiedene Verbindungstypen werden von Klassen, die von SKPhysicsJoint erben, dargestellt.

SpriteKit - Kollisionserkennung

Auf Kollisionen, die von der Physik-Engine gemeldet werden, kann durch die Implementierung des `SKPhysicsContactDelegate` reagiert werden:

```
class GameScene: SKScene, SKPhysicsContactDelegate {  
  
    override func didMove(to view: SKView) {  
        physicsWorld.contactDelegate = self  
        let box1 = SKSpriteNode(/*...*/)   
        box1.physicsBody = SKPhysicsBody(/*...*/)   
        box1.physicsBody!.contactTestBitMask =  
box1.physicsBody!.collisionBitMask  
        box1.physicsBody?.isDynamic = false //No motion  
        //...  
    }  
    func collisionBetween(ball: SKNode, object: SKNode){/*...*/}  
}
```

collisionTestBitMask

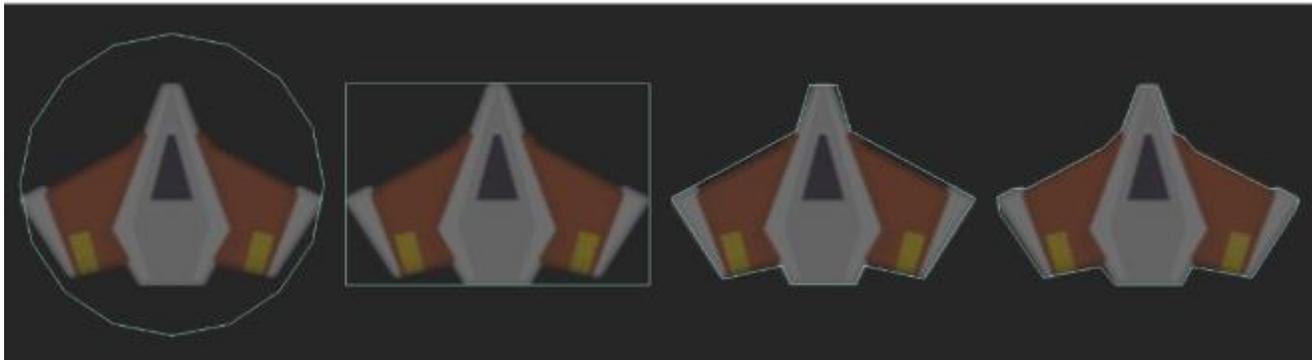
Welche anderen Objekte sollen mit diesem Objekt kollidieren?

contactTestBitMask

Über welche Kollisionen soll benachrichtigt werden?

SpriteKit - Kollisionserkennung

Beim Erstellen eines `SKPhysicsBody` Objekt lässt sich festlegen, wie die für die Kollisionsprüfung benötigte geometrische Form des Objekts aussehen soll:



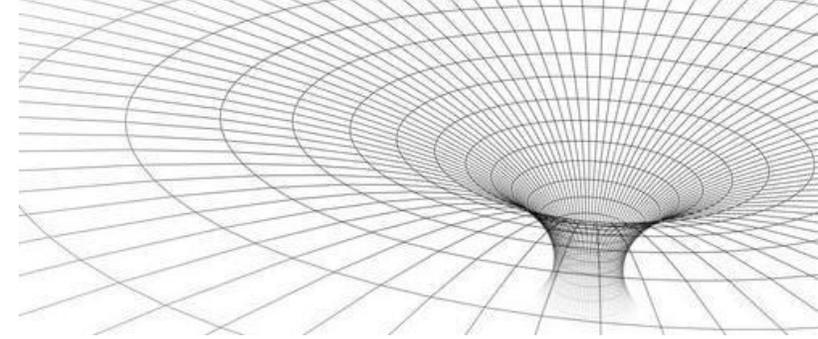
<https://developer.apple.com/documentation/spritekit/skphysicsbody>

Es existieren drei Arten physikalischer Körper:

- Dynamic Volumes: Volumen + Masse, Beeinflusst durch Kräfte und andere Objekte
- Static Volumes: Volumen + Masse, Nicht beeinflusst durch Kräfte und andere Objekte
- Static, Volume-less: „Kanten“ ohne Volumen (z.B. als Begrenzung der Szene)

Wichtig: Ein Körper hat Masse, Dichte, Fläche und Ladung

SpriteKit - Kraftfelder



<http://www.ipodphysics.com/forces-gravitational-field.php>

Es ist möglich, einer Szene Kraftfelder (SKFieldNode) hinzuzufügen, die dann Nodes mit SKPhysicsBody Objekt beeinflussen können:

```
physicsWorld.gravity = CGVector(dx:0, dy: 0)

let gravity = SKFieldNode.linearGravityField(withVector: vector_float3(0, -1, 0))
gravity.categoryBitMask = 0x1
gravity.strength = 9.8
gravity.region = SKRegion(radius: 100)

let ship = SKSpriteNode(/*...*/)
ship.physicsBody = SKPhysicsBody(/*...*/)
ship.physicsBody?.fieldBitMask = 0x1

addChild(gravity)
addChild(ship)
```

Interessant: Es gibt sogar elektrische Felder uvm. (auch eigene Ideen implementierbar!)

SpriteKit - Partikeleffekte

- Partikeleffekte lassen sich mit einem `SKEmitterNode` realisieren.
- Anwendungsgebiete: Rauch, Feuer(-werk), Funken, ...
- Neben der zu verwendenden Textur lassen sich viele Parameter festlegen:
 - Partikelskalierung, -skalierungsgeschwindigkeit, -skalierungsweite
 - „Geburtsrate“
 - Anzahl Partikel
 - Startposition (Variation und zeitliche Veränderung)
 - ...
- Auch wenn man jeden Parameter programmatisch anpassen kann, ist es ratsam den **XCode Particle Emitter Editor** zu verwenden:

```
var emitter = SKEmitterNode(fileName: "smoke.sks")
```

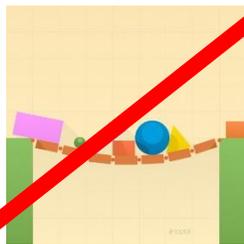


<http://sound-of-silence.com/?article=20170205>

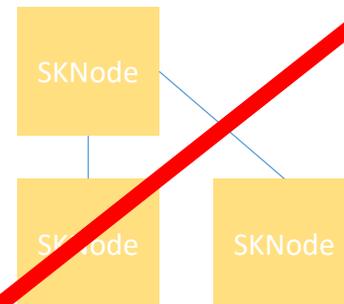
SpriteKit – PE - Partikelobjekte

Einzelne Partikel lassen sich **nicht** wie normale SKNode Objekte in der Szene ansprechen. Das bedeutet:

- Einzelnen Partikeln kann kein SKPhysicsBody Objekt zugewiesen werden.
- Einzelne Partikel können keine SKNode spezifischen Operationen ausführen.



<http://www.toptal.com/game/video-game-physics-part-constrained-rigid-body-simulation>



SpriteKit – PE – Keyframe-Sequenzen

- Das Aussehen und Verhalten von Partikeln lässt sich über Keyframe-Sequenzen festlegen:

```
var emitter = SKEmitterNode(fileName: "smoke.sks")

var sequence = SKKeyframeSequence(keyframeValues: [0.2, 0.7, 0.1],
                                   times: [0.0, 0.250, 0.75])

Emitter.particleScaleSequence = sequence
```

- Neben dem `particleScaleSequence` Property stehen auch noch folgende Properties zur Verfügung:
 - `particleColorSequence`
 - `particleColorBlendFactorSequence` (Blendfaktor zwischen Partikeltextur und -farbe)
 - `particleAlphaSequence`

SpriteKit – PE – Partikel und Aktionen

- Es ist möglich, dem Emitter eine Aktion zuzuweisen, die dann für alle Partikel ausgeführt wird:

```
var emitter = SKEmitterNode(fileName: "smoke.sks")  
  
var action = SKAction.fadeOut(withDuration: 1)  
Emitter.particleAction = action
```

Wichtig: Aktionen von bereits emittierten Partikeln lassen sich nicht entfernen.

Wichtig: Komplexe Aktionen haben großen Einfluss auf die Performance.

SpriteKit – PE – Partikel und Target-Nodes

- Partikel sind „Kinder“ des Emitter-Nodes => Wenn Emitter-Node rotiert (oder verschoben) wird, werden alle zugehörigen (also auch bereits emittierte) Partikel ebenso transformiert.
- In manchen Fällen ist das nicht das gewünschte Verhalten. Vielmehr sollen emittierte Partikel unabhängig von ihrem Emitter sein.
- Das kann man mit `targetNode` Property eines `SKEmitterNode` Objekts bewerkstelligen:

```
//Assumption: scene object exists.  
  
var emitter = SKEmitterNode(fileName: "smoke.sks")  
  
emitter.targetNode = scene;
```

SpriteKit – PE - Tips

- Partikel sind leichtgewichtiger als Sprites, müssen aber trotzdem berechnet werden. Deswegen:
 - So wenig wie möglich
 - Geringe Geburtenrate, kurze Lebensdauer
 - So groß wie möglich
- Die Anwendung von Aktionen auf Partikel ist sehr aufwendig => Nur, wenn nicht anders möglich.
- Partikelemitter, die nicht sichtbar sind, sollten von der Szene entfernt werden.

SpriteKit - Aktionen

- Aktionen können Struktur und Inhalt eines SKNode Objekts ändern.
- Aktionen (SKAction) sind dabei als **Kommando-** und **Kompositum-**Entwurfsmuster realisiert:
 - Kompositum: Aktionen können „Kind“-Aktionen beinhalten (Sequenz, Gruppe, Wiederholung).
 - Kommando: Aktionen sind in sich geschlossen und haben keinen Status (State).
- Aktionen sind entweder **instantan** (z.B. Node Entfernung) oder **nicht-instantan** (z.B. Animation).

- Aktionen werden auf Nodes angewendet:

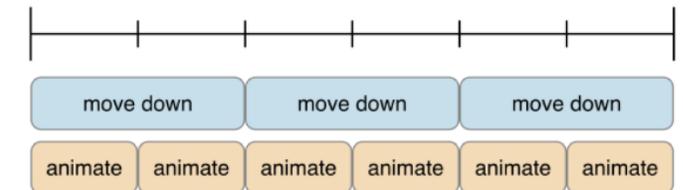
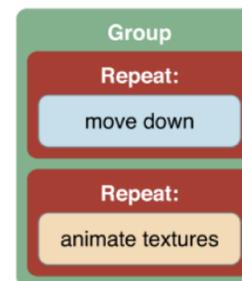
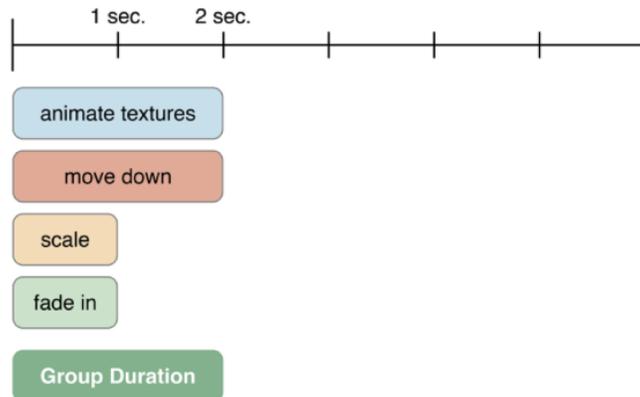
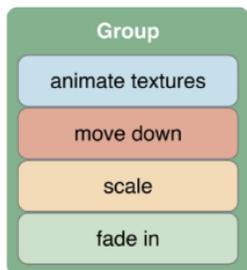
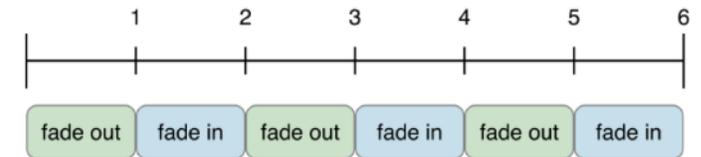
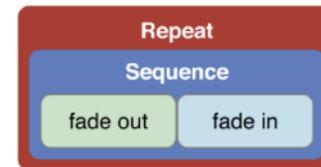
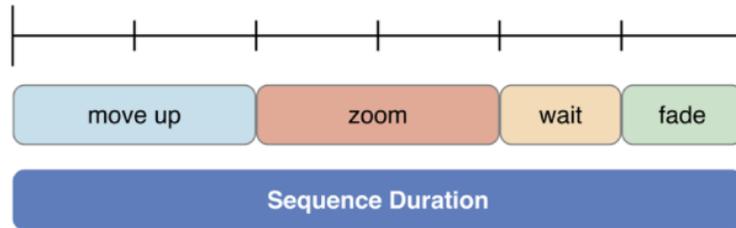
```
let action = SKAction.moveBy(x: 0.0,  
                             y: 100.0,  
                             duration: 1.0)  
  
node.run(action)
```

- Aktionen können aus *.sks-Dateien geladen werden.

SpriteKit - Aktionen

- Viele Aktionen implementieren die `reversed()`-Methode, welche eine Aktion zurückgibt, die den Effekt der Aktion rückgängig macht.
- Aktionen sind unveränderlich (keinen State, einmal konfiguriert, können die meisten Properties nicht mehr verändert werden). Vorteil:
 - Effiziente Ausführung.
 - Aktionen können von vielen Objekten verwendet werden (Wiederverwendbarkeit).
- Aktionen abbrechen: `SKNode.removeAllActions()`
- Callback, wenn Aktion beendet wurde: `SKNode.run(_:completion:)`

SpriteKit - Aktionen



SpriteKit - Kameras

- Das SKCameraNode Objekt erlaubt das festlegen einer Position, Rotation und Skalierung, aus der eine Szene gerendert werden soll:

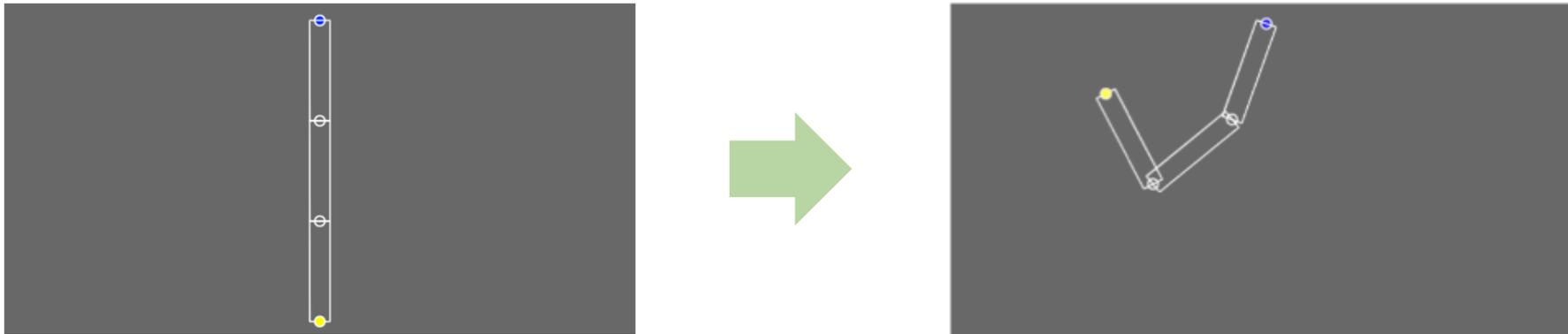
```
override func didMove(to view: SKView) {  
    super.didMove(to: view)  
    camera = SKCameraNode()  
    self.camera = camera  
    self.addChild(camera)  
}
```

Wichtig: SKCameraNode Objekte haben alle Möglichkeiten der SKNode Klasse (Physik, Aktionen, ...)

- Die Szene wird so gerendert, das der Ursprung der Kamera im Szenenmittelpunkt liegt.
- Dabei wird auf Szenenelemente die inverse Skalierung und Rotation angewandt.

SpriteKit – Aktionen – Weitere Möglichkeiten

- Aktionen können verwendet werden, um Inverse Kinematik Simulationen zu erstellen:



<https://developer.apple.com/documentation/spritekit/skaction#1655635>

- Für die Erstellung eigener Aktionen, wird **nicht** von SKAction abgeleitet, sondern z.B mit...

```
SKAction.customAction(withDuration: TimeInterval,  
                    actionBlock block: @escaping (SKNode, CGFloat) -> Void) -> SKAction
```

...ein neues SKAction Objekt erzeugt, die ein Closure aufruft.

SpriteKit – Tile Maps

Tile Maps (SKTileMapNode Objekte) können verwendet werden um 2D Spielwelten (Rechtecke, Hexagons, Iso) aus kleinen „Tiles“ aufzubauen:

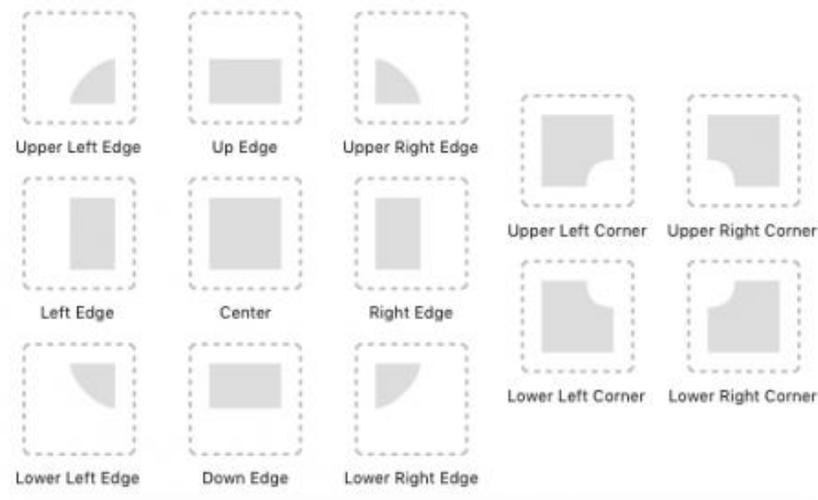


<https://www.raywenderlich.com/137216/whats-new-spritekit-ios-10-look-tile-maps>

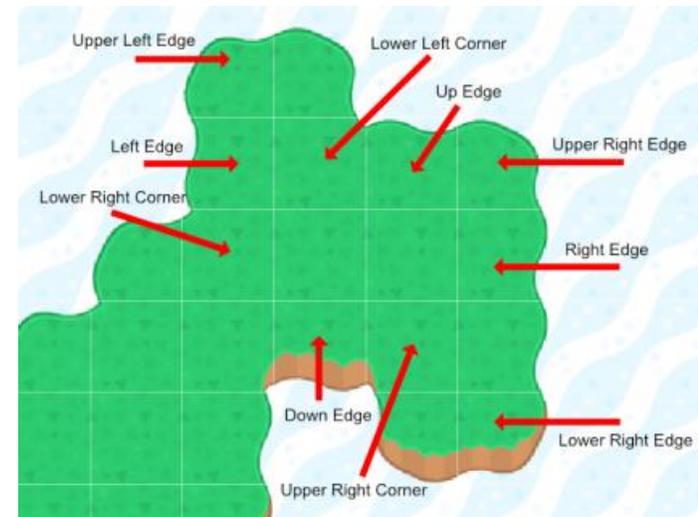
- Für jede Rasterposition, wird ein Tile festgelegt (bzw. eine Tile-Gruppe, siehe nächste Folie), welches aus einer Menge an Tiles ausgewählt werden kann.
- Die Erstellung von Tile Maps kann im Editor erledigt werden.

SpriteKit – Tile Maps

- Tile Sets (SKTileSet) bestehen aus einer Menge von Tile-Gruppen (SKTileGroup), z.B. für Gras.
- Jede Tile-Gruppe besteht aus einer Menge von Regeln (SKTileGroupRule) und einer Menge von Tile-Definitionen (SKTileDefinition => enthält Textur).



Tile Group Overview



<https://www.raywenderlich.com/137216/whats-new-spritekit-ios-10-look-tile-maps>

- Mehrere Tile-Definitionen pro Regel => zu platzierendes Teil wird per Zufall ausgewählt.

SpriteKit – XCode Szeneneditor

- Praktisches Tool, um Szenen (nicht-programmatisch) zu erstellen.
- Es können Node-Hierarchien angelegt und konfiguriert werden.
- Resultat wird in *.sks Dateien gespeichert (wird von SKScene Konstruktor geladen).
- Zugriff auf Nodes aus dem Code heraus:

```
var spriteNode:SKSpriteNode!  
  
override func didMove(to view: SKView) {  
    spriteNode = self.childNode(withName: "//sprite1") as? SKSpriteNode  
}
```

SpriteKit – Links

- <https://www.hackingwithswift.com/read/11/overview>
- <https://github.com/twostraws/HackingWithSwift>
- <https://github.com/jVirus/ios-learning-materials>

- <https://www.raywenderlich.com/137216/whats-new-spritekit-ios-10-look-tile-maps>

GameplayKit

Framework, das unabhängig von verwendeten Präsentationsframeworks high-level Bausteine zur Spieleentwicklung bereitstellt.



Zufallszahlen



Strategien



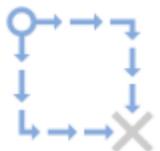
Regelsysteme



Entitäten & Komponenten



Agentensystem



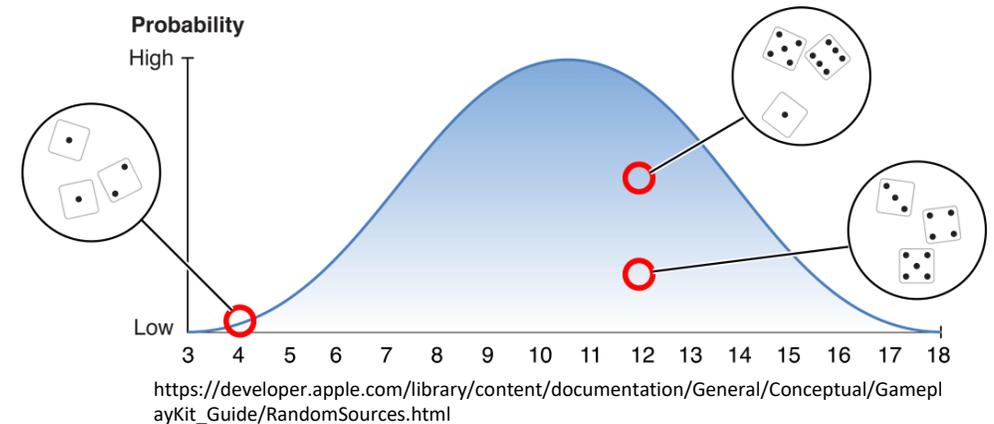
Pfadfindung



Zustandsautomaten

GameplayKit - Zufallszahlen

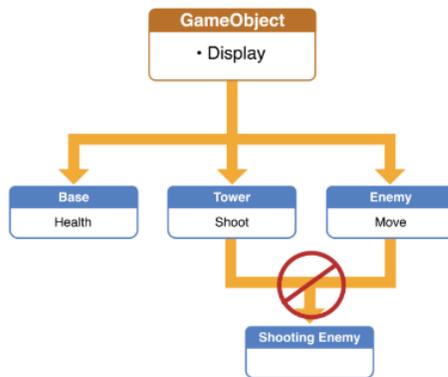
- Performante Pseudozufallszahlen aus verschiedenen Quellen (Mersenne Twister, ARC4, ...)
- Wahrscheinlichkeitsverteilungen (z.B. Normalverteilung)
- Determinismus: Es ist möglich, gleiche Sequenzen von Zufallszahlen zu produzieren (für Testing, Multiplayer).
- Vermeidung von Clustern gleicher Werte: GKShuffledDistribution



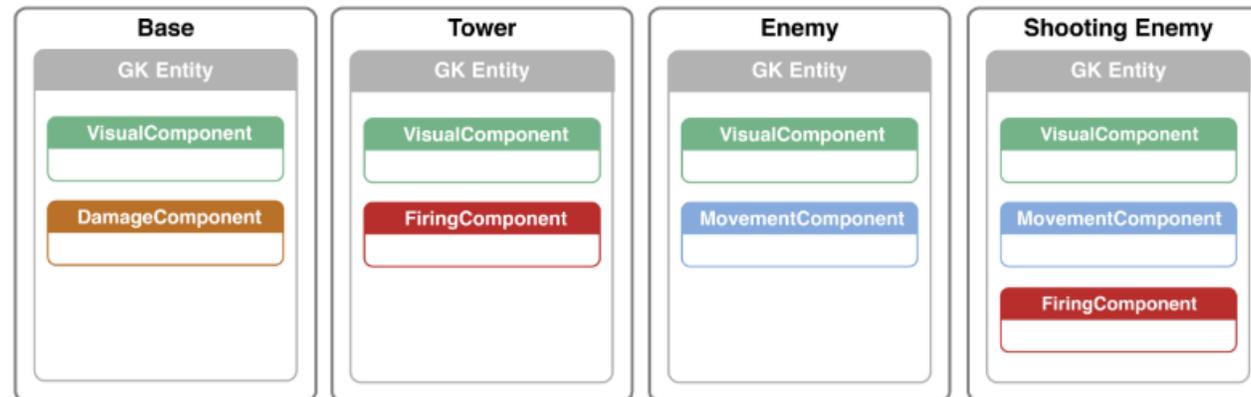
GameplayKit – Entitäten und Komponenten

Elemente einer Architektur, die **nicht auf Vererbung**, sondern auf dem **Entity-Component Entwurfsmuster** basiert.

Problem:



Lösung:



https://developer.apple.com/library/content/documentation/General/Conceptual/GameplayKit_Guide/EntityComponent.html

- `GKEntity.update()` wird dann in der `update()` Methode der Szene aufgerufen (welche dann die `update()` Methode der verwendeten `GKComponent` Objekte aufruft).
- Auch möglich: `update()` Aufruf pro `GKComponent`. Besser bei großen Entity-Mengen.

GameplayKit - Zustandsautomaten

Zustandsautomaten werden mithilfe des State Patterns mit der abstrakten Klasse GKState und der Klasse GKStateMachine realisiert:

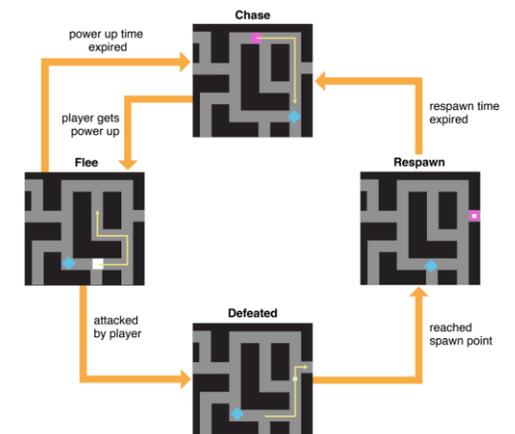
GKStateMachine:

- currentState
- canEnterState(AnyClass)
- enter(AnyClass) -> Bool
- update(TimeInterval)

GKState:

- stateMachine
- isValidNextState(AnyClass) -> Bool
- didEnter(from: GKState?)
- update(TimeInterval)
- willExit(to: GKState)

```
Override func isValidNextState(_ stateClass : AnyClass) -> Bool {  
    return stateClass is AttackState.Type  
}
```



https://developer.apple.com/library/content/documentation/General/Conceptual/GameplayKit_Guide/StateMachine.html

Wo Einsetzen? Spiel UI, Verhalten von Spielaktoren, Animation,...

GameplayKit – Strategien

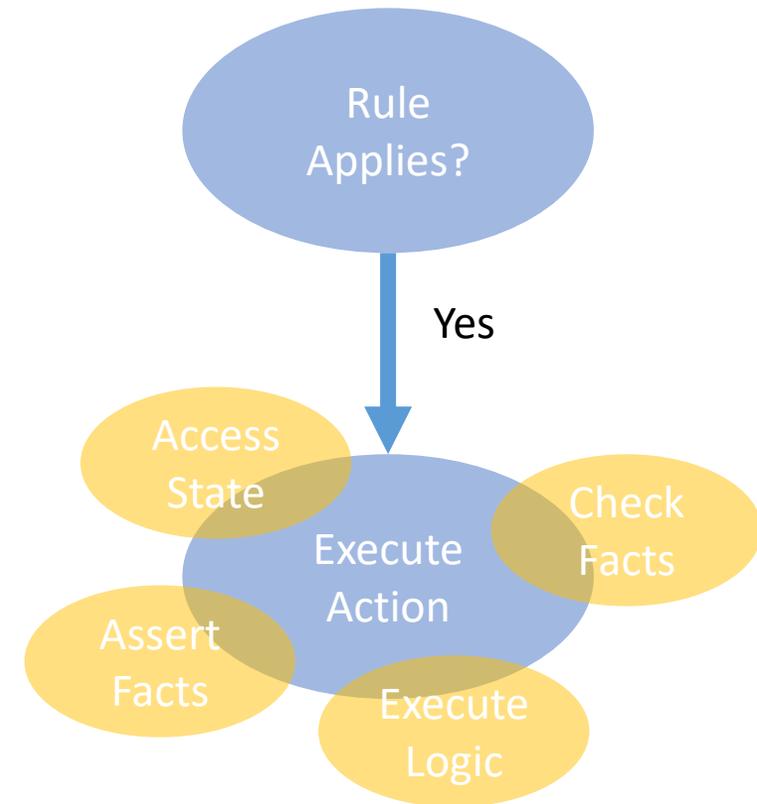
- KI für die Ermittlung der optimalen Strategie (GKStrategist) für rundenbasierte Spiele basierend auf dem MinMax Algorithmus (<https://de.wikipedia.org/wiki/Minimax-Algorithmus>) oder MonteCarlo Sampling (Schneller bei großen State-Spaces)
- Voraussetzungen zur Anwendbarkeit:
 - Rundenbasiert
 - Wenn ein Spieler gewinnt, verlieren automatisch alle anderen
 - Deterministisch
 - Perfekte Information
- Zentrale Protokolle
 - GKGameModel: Repräsentiert den aktuellen Zustand des Spiels (Spieler, Mögliche Spielzüge und Score für S.)
 - GKGameModelPlayer: Repräsentiert einen Spieler im Spiel (Id, Status)
 - GKGameModelUpdate: Modelliert eine Spielaktion (Move), die auf das Spielmodell angewendet werden kann.



```
GKStrategist =>  
bestMoveForActivePlayer  
( ) -> GKGameModelUpdate
```

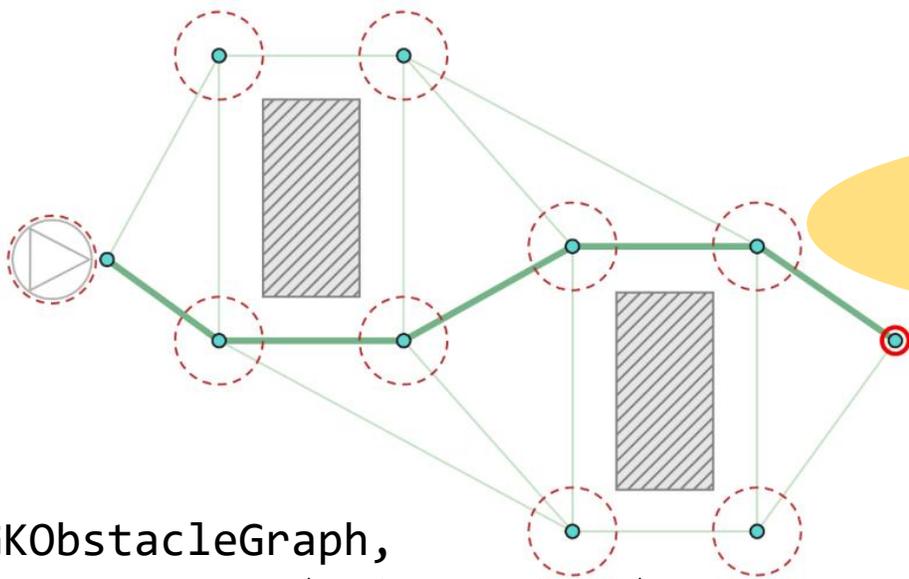
GameplayKit - Regelsystem

- Ein Regelsystem (GKRuleSystem) besteht aus Regeln (GKRule), State-Information (Dictionary) und Fakten (Any).
- Beim Auswerten des Regelsystems passiert folgendes für jede Regel:
 - Das Regelprädikat wird auf Basis des States ausgewertet (true/false)
 - Wenn true => Aktion wird ausgeführt, die Fakten (irgendein Objekt) werden definiert.
- Definierte Fakten haben einen „Grade“-Wert zwischen 0 und 1, der abgefragt werden kann.
- Erlaubt den Einsatz von **Fuzzylogik** (min, max anstelle von and, or).

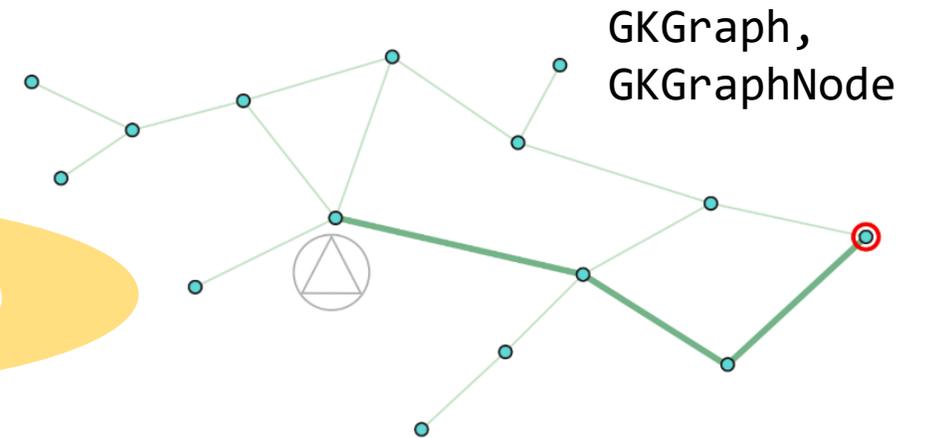


GameplayKit - Pfadfindung

Finden von kürzesten Wegen in Graphen (GKGraph Objekten). Drei Möglichkeiten der Modellierung:

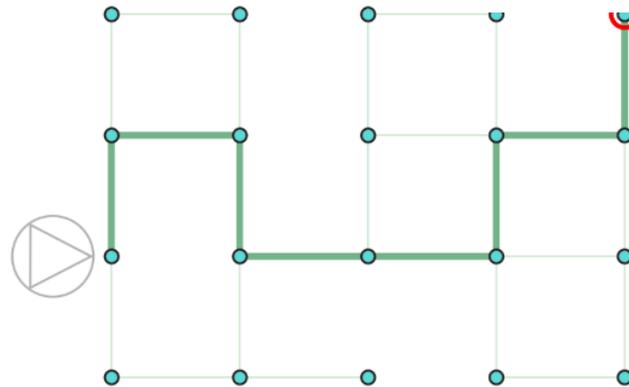


`GKGraph.findPath()`



GKGraph,
GKGraphNode

GKObstacleGraph,
GKMeshGraph (Trianguliert),
GKGraphNode2D (PoIs),
GKObstacle (Polygon,...)

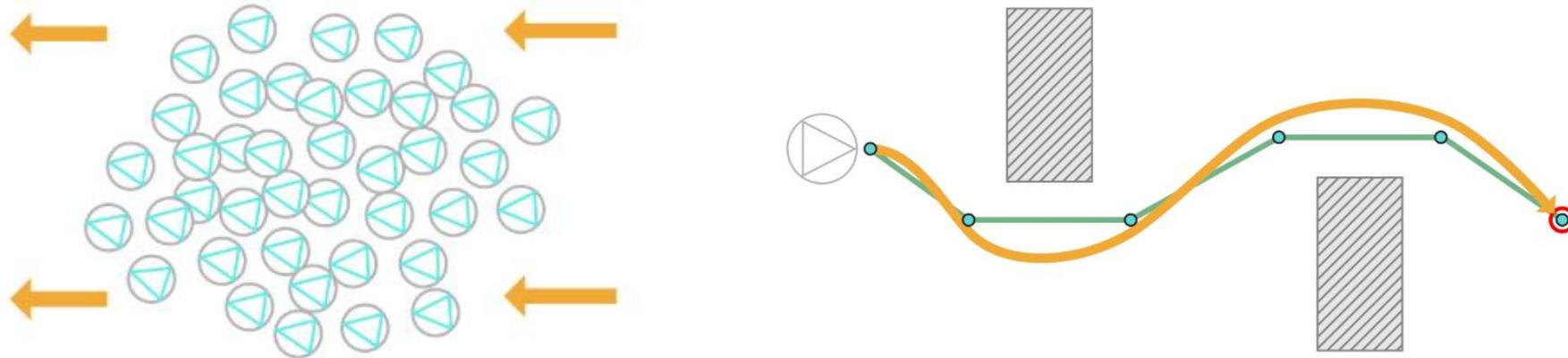


GKGridGraph,
GKGridGraphNode

https://developer.apple.com/library/content/documentation/General/Conceptual/GameplayKit_Guide/Pathfinding.html

GameplayKit – Agentensystem

- Das Agentensystem wird für die Implementierung **autonomer Bewegung** verwendet.
- Ein Agent hat physikalische **Constraints** (Größe, p , v , a) und ein **bestimmtes Verhalten** (GKBehavior).
- Verhalten besteht aus einer **gewichteten Menge von Zielen** (GKGoal).
- Beispiele für Ziele (Stecken alle in den GKGoal.init-Methoden):



https://developer.apple.com/library/content/documentation/General/Conceptual/GameplayKit_Guide/Agent.html

- Agenten & Komponenten: Relevanten Spielentitäten einfach eine GKAgent-Komponente hinzufügen.

GameKit – Links

- https://developer.apple.com/library/content/documentation/General/Conceptual/GameplayKit_Guide/index.html