



Media Engineering

Game Engines



R. Weller

University of Bremen, Germany

cgvr.cs.uni-bremen.de

- Musik
 - Film
 - Bücher
 - Videospiele
 - Fernsehen
 - Zeitungen
 - Zeitschriften
 - Hörfunk
 - Onlinewerbung
 - Außenwerbung
 - Internetzugang
- Gesamtumsatz 2013: ca. 65 Mrd

Mediennutzung 2012

Medium	Nutzungsminuten pro Tag	Veränderung zu 2002 (gerundet)
Fernsehen	205	+9%
Radio	149	-7%
Internet	107	+350%
PC/Videospiele	38	+50%
Buch	33	-1%
Zeitung	19	-20%
Video/DVD	18	-16%
Zeitschrift	8	-50%
Teletext	3	>1%
Kino	3	>1%

Daten: SevenOne Media, bezogen auf Zielgruppe 14-49 Jahre

Marktübersicht (Digitale) Medien in Deutschland

- Internetzugang(13,4M)
- Fernsehen(12,9M)
- Buch(9,5M)
- Zeitungen(8,0M)
- Zeitschriften(5,6M)
- Onlinewerbung(5,1M)
- Hörfunk(3,5M)
- Film(2,9M)
- Videospiele(1,9M)
- Musik(1,5M)
- Außenwerbung(0,9M)

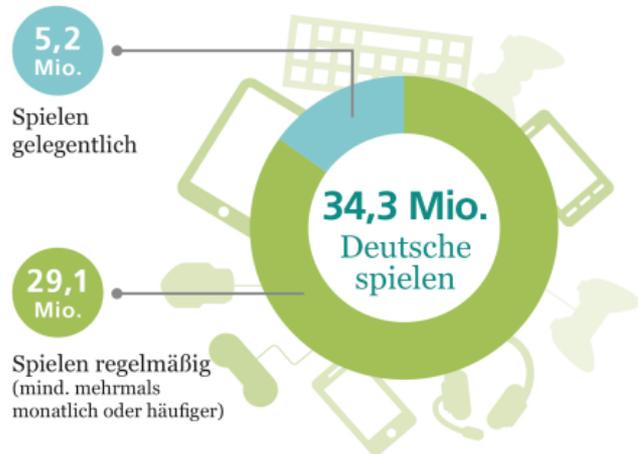
Umsatzerlöse in den einzelnen Marktsegmenten

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2014–2018 Ø jährliches Wachstum
Film (in Mio. €)	2.707	2.659	2.746	2.827	2.861	2.891	2.966	3.069	3.161	3.252	
Veränderung (in %)		-1,7	3,3	3,0	1,2	1,1	2,6	3,5	3,0	2,9	2,6
Fernsehen (in Mio. €)	11.225	11.733	12.023	12.511	12.949	13.456	13.595	13.882	14.125	14.324	
Veränderung (in %)		4,5	2,5	4,1	3,5	3,9	1,0	2,1	1,8	1,4	2,0
Musik (in Mio. €)	1.575	1.489	1.483	1.435	1.452	1.454	1.459	1.468	1.475	1.478	
Veränderung (in %)		-5,4	-0,4	-3,2	1,2	0,1	0,3	0,6	0,5	0,1	0,3
Hörfunk (in Mio. €)	3.502	3.501	3.507	3.497	3.588	3.711	3.660	3.688	3.718	3.745	
Veränderung (in %)		0,0	0,2	-0,3	2,6	3,4	-1,4	0,8	0,8	0,7	0,9
Außenwerbung (in Mio. €)	811	843	897	868	891	917	942	956	979	999	
Veränderung (in %)		3,9	6,4	-3,2	2,6	2,9	2,7	1,5	2,4	2,0	2,3
Onlinewerbung (in Mio. €)	3.332	3.769	4.249	4.670	5.126	5.541	5.932	6.317	6.653	7.004	
Veränderung (in %)		13,1	12,7	9,9	9,8	8,1	7,1	6,5	5,3	5,3	6,4
Internetzugang (in Mio. €)	10.161	10.657	11.926	12.869	13.475	13.893	14.383	14.863	15.388	16.067	
Veränderung (in %)		4,9	11,9	7,9	4,7	3,1	3,5	3,3	3,5	4,4	3,6
Zeitschriften (in Mio. €)	5.750	5.832	5.824	5.690	5.609	5.504	5.412	5.355	5.322	5.299	
Veränderung (in %)		1,4	-0,1	-2,3	-1,4	-1,9	-1,7	-1,1	-0,6	-0,4	-1,1
Zeitungen (in Mio. €)	8.588	8.673	8.692	8.441	8.076	7.796	7.635	7.522	7.401	7.285	
Veränderung (in %)		1,0	0,2	-2,9	-4,3	-3,5	-2,1	-1,5	-1,6	-1,6	-2,0
Bücher (in Mio. €)	9.695	9.734	9.601	9.523	9.540	9.547	9.583	9.663	9.758	9.848	
Veränderung (in %)		0,4	-1,4	-0,8	0,2	0,1	0,4	0,8	1,0	0,9	0,6
Videospiele (in Mio. €)	1.895	2.013	2.096	1.967	1.932	2.066	2.157	2.227	2.277	2.324	
Veränderung (in %)		6,2	4,1	-6,2	-1,8	6,9	4,4	3,2	2,2	2,1	3,8
Umsatzerlöse der gesamten Marktsegmente (in Mio. €)	59.065	60.668	62.752	63.948	65.130	66.385	67.306	68.560	69.773	71.102	
Veränderung (in %)		2,7	3,4	1,9	1,8	1,9	1,4	1,9	1,8	1,9	1,8

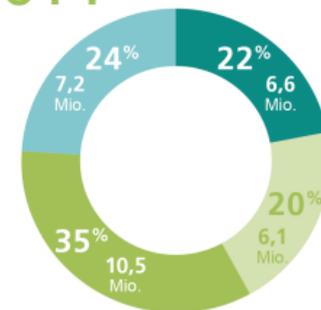
Quellen: FFA, BVV, ZAW, OVK, GfK-Gruppe, Bundesverband Musikindustrie, VDZ, IWW, Fachpresse-Statistik, BDZV, BIU, Börsenverein des deutschen Buchhandels, PwC, Ovum.

Videospielemarkt in Deutschland

Nutzer digitaler Spiele in Deutschland 2014



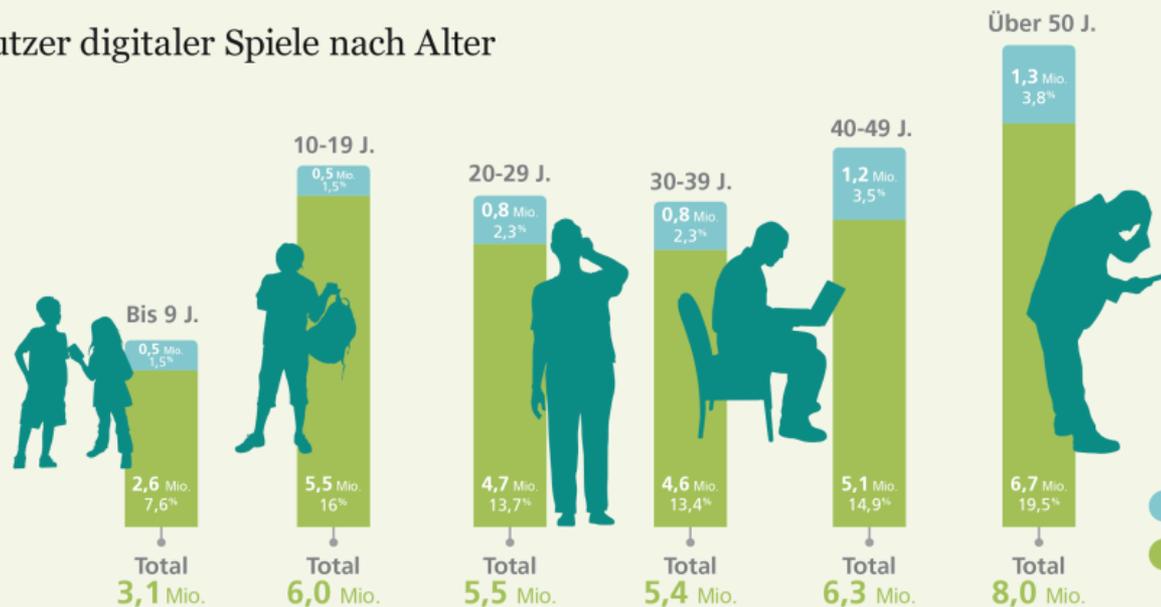
"Knapp jeder zweite Deutsche spielt mittlerweile digitale Spiele - Tendenz steigend. Das zeigt, dass Spiele für immer mehr Menschen fester Bestandteil ihres Medienalltags geworden sind."



Bildungsgrad

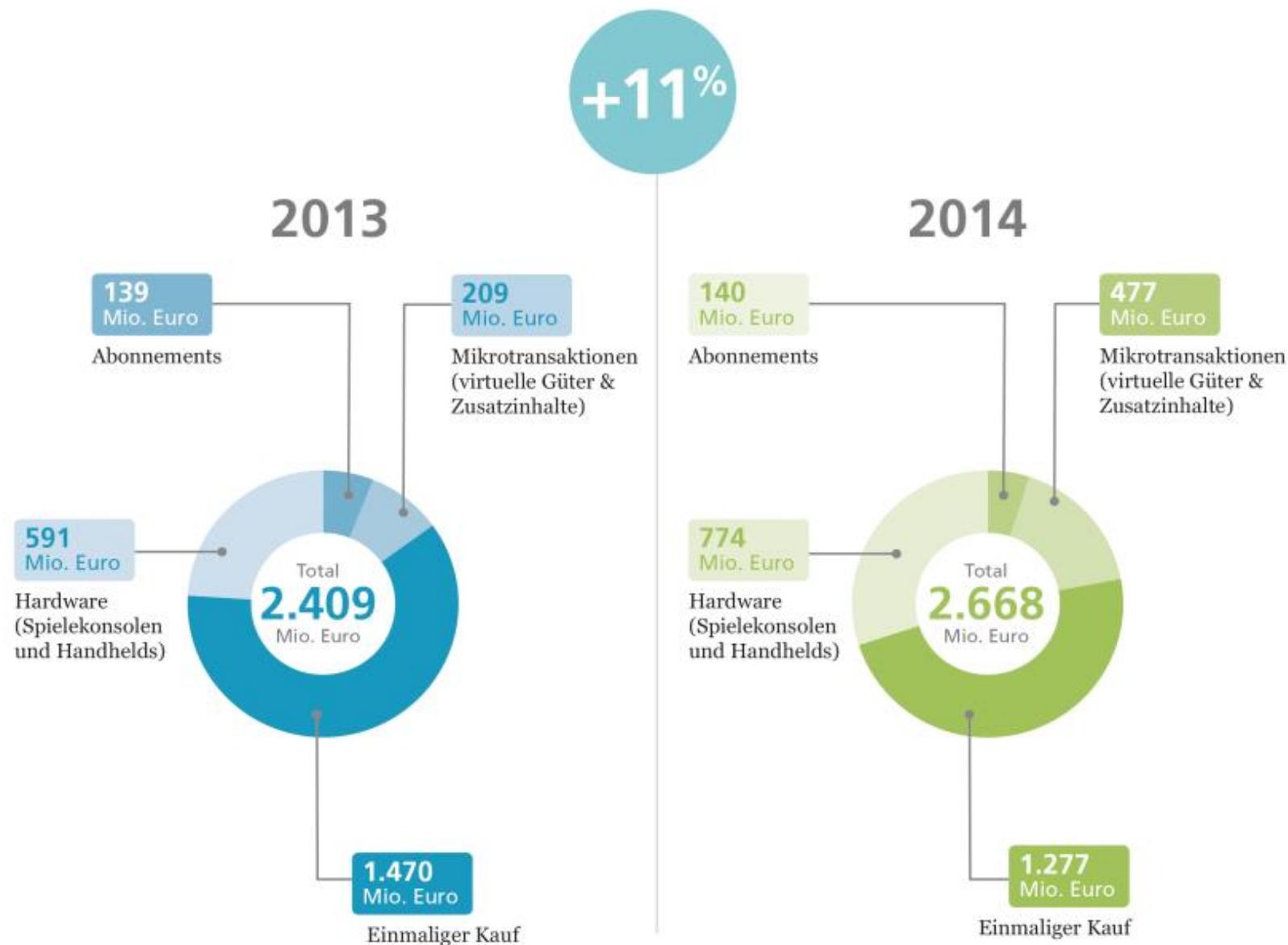
- Hochschule
- Mittlere Reife
- Abitur
- Hauptschule

Nutzer digitaler Spiele nach Alter



Das Durchschnittsalter der Nutzer digitaler Spiele beträgt **34,5 Jahre**.

- Spielen gelegentlich
- Spielen regelmäßig



Gesamtmarkt Spiele-Software

Umsatz 2014: **1.894 Mio. €**



Umsatz 2013: **1.818 Mio. €**



Durchschnittliche **Ausgaben pro Monat** von zahlenden Nutzern für Spiele nach Geschäftsmodell und Plattformen 2014.

Einmaliger Kauf
Entwicklung: -13%

Abonnements
Entwicklung: +1%

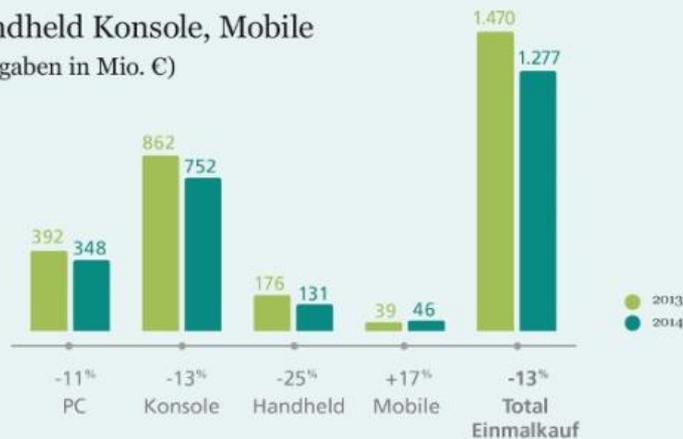
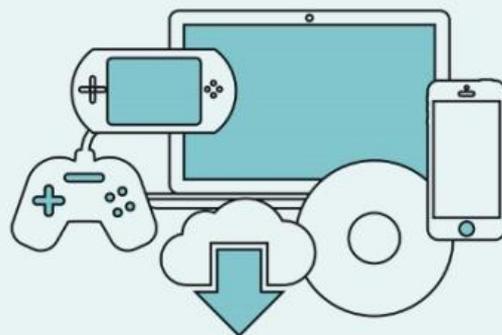
Mikrotransaktionen
Entwicklung: +128%



“Der Markt für digitale Spiele hat sich 2014 sehr positiv entwickelt: Sowohl der Markt für Spiele-Software als auch der Markt für Spiele-Hardware ist deutlich gewachsen. Einer der wichtigsten Wachstumstreiber waren Inhalte für digitale Spiele, die per Mikrotransaktion gekauft werden. Insbesondere Free-to-Play-Spiele, die kostenfrei angeboten werden und sich ausschließlich über Mikrotransaktionen finanzieren, sind bei vielen Spielern beliebt. Auch das starke Umsatzwachstum bei Spiele-Hardware ist ein positives Zeichen: Die neuen Spielekonsolen werden von den Verbrauchern stark nachgefragt. Dies bildet die Basis für weiteres Wachstum in den kommenden Jahren.”

Videospielmekmarkt in Deutschland

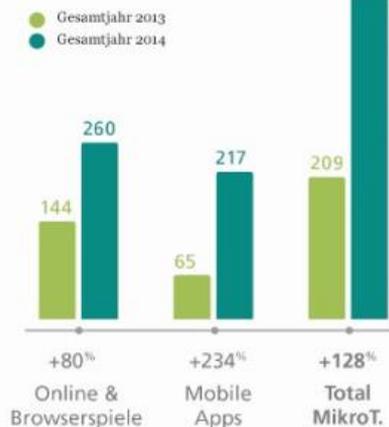
Teilmarkt: Erwerb PC, Stationäre Konsole, Handheld Konsole, Mobile
 Geschäftsmodell: Einmaliger Kauf von digitalen Spielen (Angaben in Mio. €)



Teilmarkt: Virtuelle Güter und Zusatzinhalte für digitale Spiele



Geschäftsmodell: Mikrotransaktionen für virtuelle Güter, Zusatzinhalte, In-App-Käufe (Angaben in Mio. €)



Browser- und Online-Spiele (Mikrotransaktionen und Abo-Gebühren, Angaben in Mio. €)



Teilmarkt: Abonnements für digitale Spiele

Geschäftsmodell: Abo-Gebühren für Spiele-Software (Angaben in Mio. €)



BIU 
 Bundesverband Interaktive
 Unterhaltungssoftware
www.biu-online.de

Quelle: basierend auf GfK Consumer Panel Jan-Dec 2014. Visualisierung: visualize.my

Videospielemarkt in Deutschland

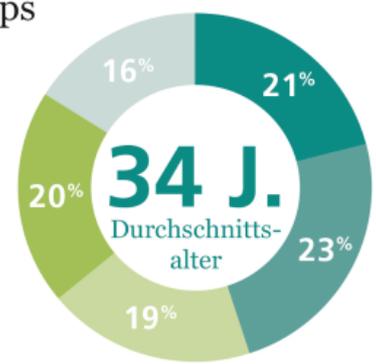
Immer mehr Menschen spielen auf dem Smartphone und Tablet

Anzahl der Nutzer von Spiele-Apps auf Smartphones und Tablets

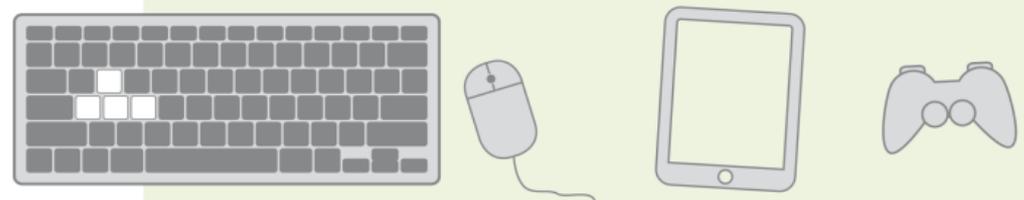


Altersverteilung der Nutzer von Spiele-Apps

- 10-19 Jahre
- 20-29 Jahre
- 30-39 Jahre
- 40-49 Jahre
- 50+ Jahre



Mehr Nutzer bei Online- und Browser-Spielen



Quelle: Basierend auf GfK Consumer Panel 2014; 2015 Visualisierung: visualize.my

Game Engines trotzdem wichtig?

- Größter Wachstum unter allen Medienmärkten
- Werden nicht nur in Spielen eingesetzt, sondern zunehmend auch in anderen Anwendungen
 - Serious Games
 - VR, AR
 - Mobile Apps
 - Kunst (Interaktive Installationen), Architektur
 - Forschung (z.B. Datenvisualisierung)
- Ähnliche Tools werden auch beim Film verwendet
 - Renderman (Pixar), Cinema 4D, 3ds Max
 - Blender hat sogar eine Game Engine eingebaut
 - Unterschied: Echtzeitfähigkeit (wobei Grafik-Engines für Filme oft einen reduzierte Echtzeitvorschau bieten)

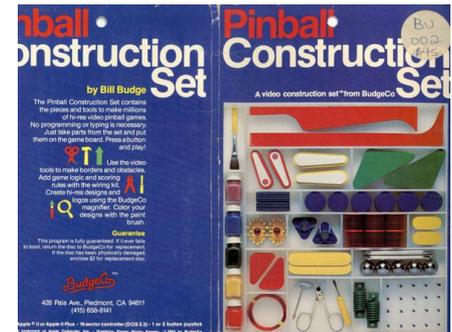
Definition: Game Engine

“A series of **modules** and interfaces that allows a development team to focus on produce *game-play content*, rather than *technical content*.” - **Julian Gold, Object-Oriented Game Dev.**

Warum verwendet man Game Engines?

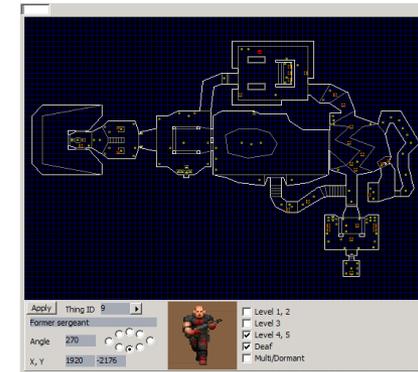
- Bieten einen einfachen Ansatz die Entwicklung des Spieleinhalts von den darunter liegenden technischen Aspekten zu abstrahieren
- Erleichtert die Wiederverwendbarkeit von Code
- Ermöglicht die gleichzeitige Entwicklung für mehrere Zielplattformen
 - PC/Mac
 - Konsolen
 - Mobile Geräte
 - Android/iOS

- Früher™ mussten Programme oft sehr zeitaufwändig an die Zielmaschine angepasst werden, da die Hardware zu langsam war (Arcade-Spiele in Spielotheken, damals™ die technisch fortschrittlichsten Spiele, hatten oft Spezialhardware nur für ein einziges Spiel)
 - => Kaum Wiederverwendung von Code möglich
- Ab ca 1980: Game Creation Systeme
 - Sehr spezielle Tools für bestimmte Genres
 - Meist für kleinere Indie-Titel
 - Beispiele: Pinball Construction KIT (1983), Adventure Construction Set (1984), Wargame Construction Set (1986), Shoot'Em-Up Construction Kit (1987), RPG Maker (1988)



Historisches – Der Beginn

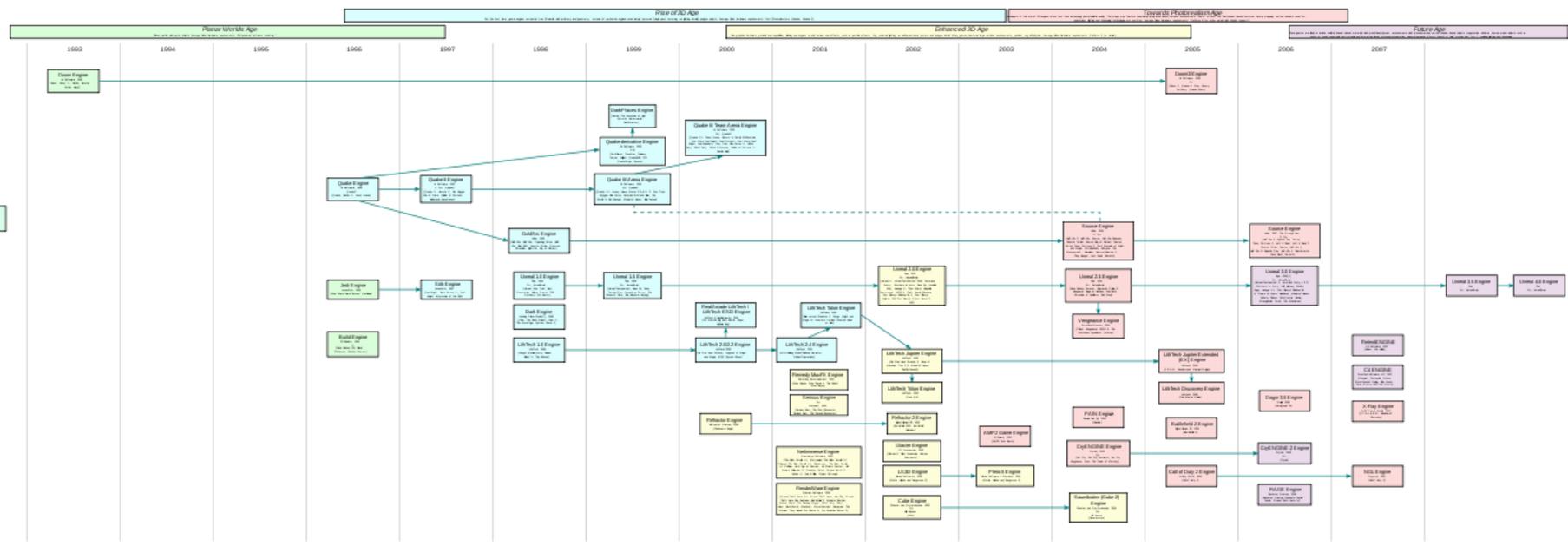
- Der Begriff „Game Engine“ wurde ab Mitte der 1990er im Zusammenhang mit 3D-FPS (First-Person-Shootern) wie Wolfenstein 3D und Doom verwendet.
 - Trennung von Technik und eigentlichem „Game Content“ wie Texturen und Leveln
 - Doom bot den Benutzern die Möglichkeit, eigene Modifikationen (z.B. Level, Waffen, Gegner) des Contents zu entwerfen und miteinander zu teilen
 - Kommerzielle Anwender konnten den Programmcode lizensieren und damit erstellte Spiele auch verkaufen
 - Doom II (1994), Heretic (1996), Hexen (1995), Strife (1996), Check Quest (1996)
 - HacX: Twitch n Kill (1997)
 - Cruis'n Velocity (2001)
 - Dark Arena (2002)



Historisches – Die Entwicklung bis heute

- Der Erfolg von Doom und Quake wurde von vielen Spieleherstellern kopiert (z.B. Beigabe von Leveleditoren für Nutzercontent)
 - Z.B.: Duke Nukem 3D, Warcraft II
- Spätere Game Engines wurden extra für die Lizenzierung entwickelt (aber immer noch von Firmen, die hauptsächlich durch den Verkauf ihrer eigenen Spiele Geld verdienen)
 - Z.B. Quake II (1997) und Unreal (1998)
- Später wurden spezielle Game Engines nur für den Verkauf entwickelt und die Spiele waren nur noch Demo für die Engine
 - CryEngine (2004)
 - Oder die Engineentwickler stellten gar keine Spiele mehr her (Vollständige Trennung von Game Engine und Game Content)
 - Unity (seit 2005)

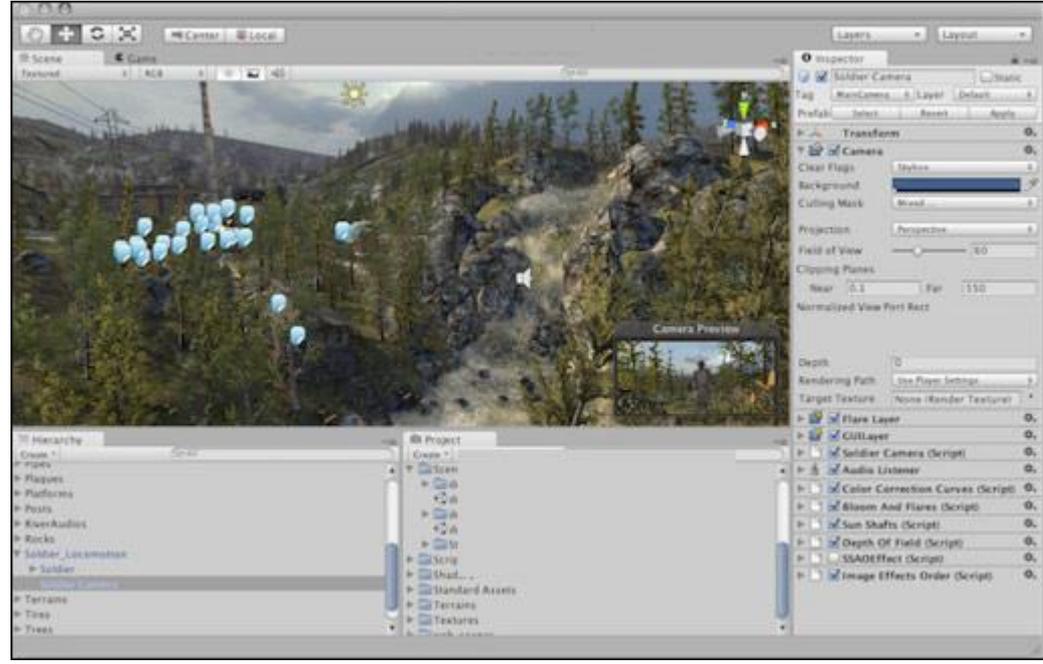
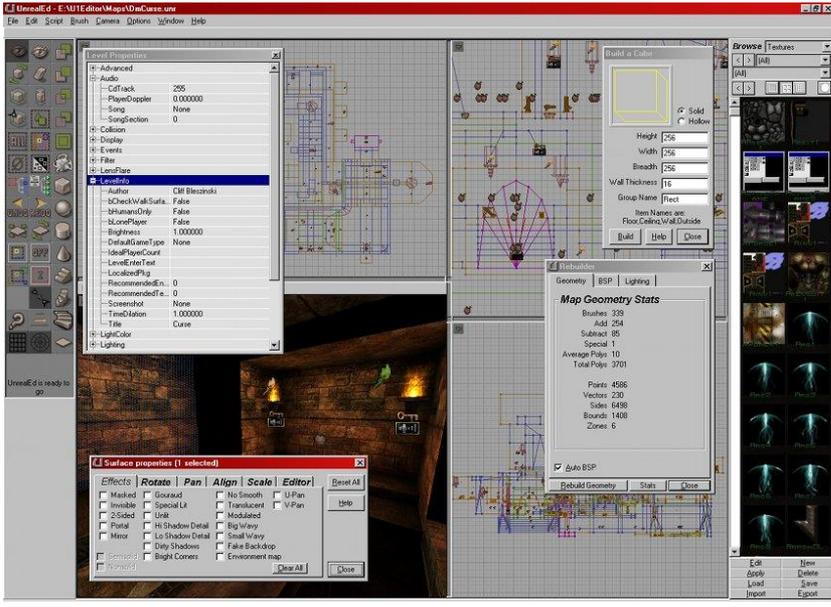
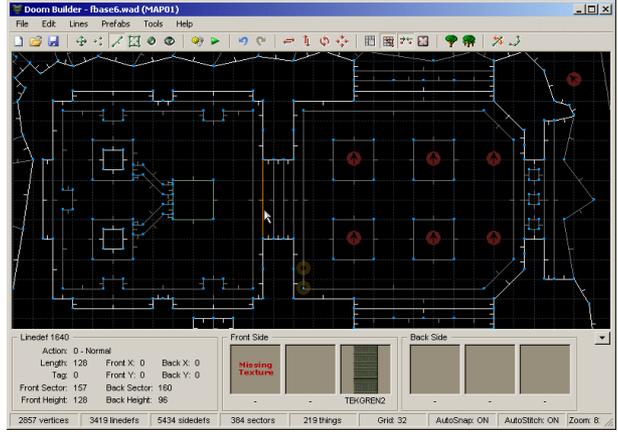
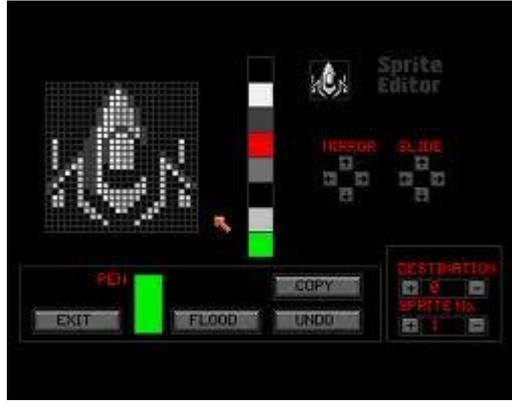
Sehr unvollständige Timeline der Game Engines



<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fpsengine.svg>



Game Engines im Wandel der Zeit



id Tech 1 (1999)	79k
id Tech 2 (2001)	138k
id Tech 3 (2005)	329k
id Tech 4 (2011)	586k
UE4 v4.6 (2015)	1964k

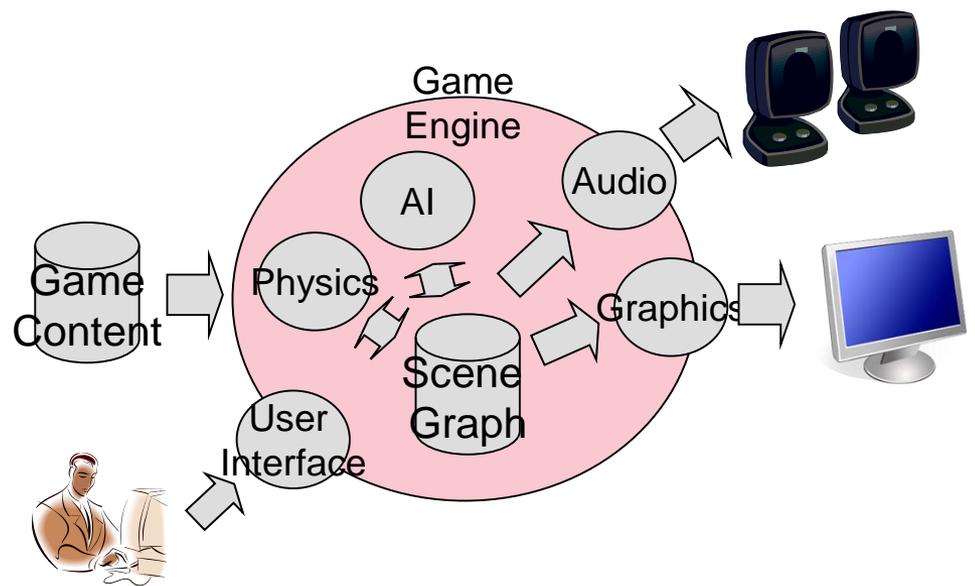


- Used cloc
- Only counting C, C++ and header files.

“Measuring software productivity by lines of code is like measuring progress on an airplane by how much it weighs.” - Bill Gates

Was ist eine Game Engine?

- Softwaretechnologie zum Erstellen von Computerspielen
- Behinhaltet unter anderem zahlreiche **Softwaremodule** die für die meisten Spiele benötigt werden:
 - Graphik
 - Physik
 - Sound
 - Scripting
 - Animation
 - Künstliche Intelligenz (KI)
 - Netzwerkunterstützung
 - Benutzerschnittstellen



Die Module im Überblick: Rendering Engine

- Aufgabe der Rendering Engine ist es, die vom Benutzer erstellten 3D-Objekte hübsch darzustellen
- Sie ist meist das größte und komplexeste Modul einer Game Engine
- Oft wird sie in mehrere Untermodule unterteilt:
 - Renderer
 - Szenengraph
 - Visuelle Effekte
 - GUI

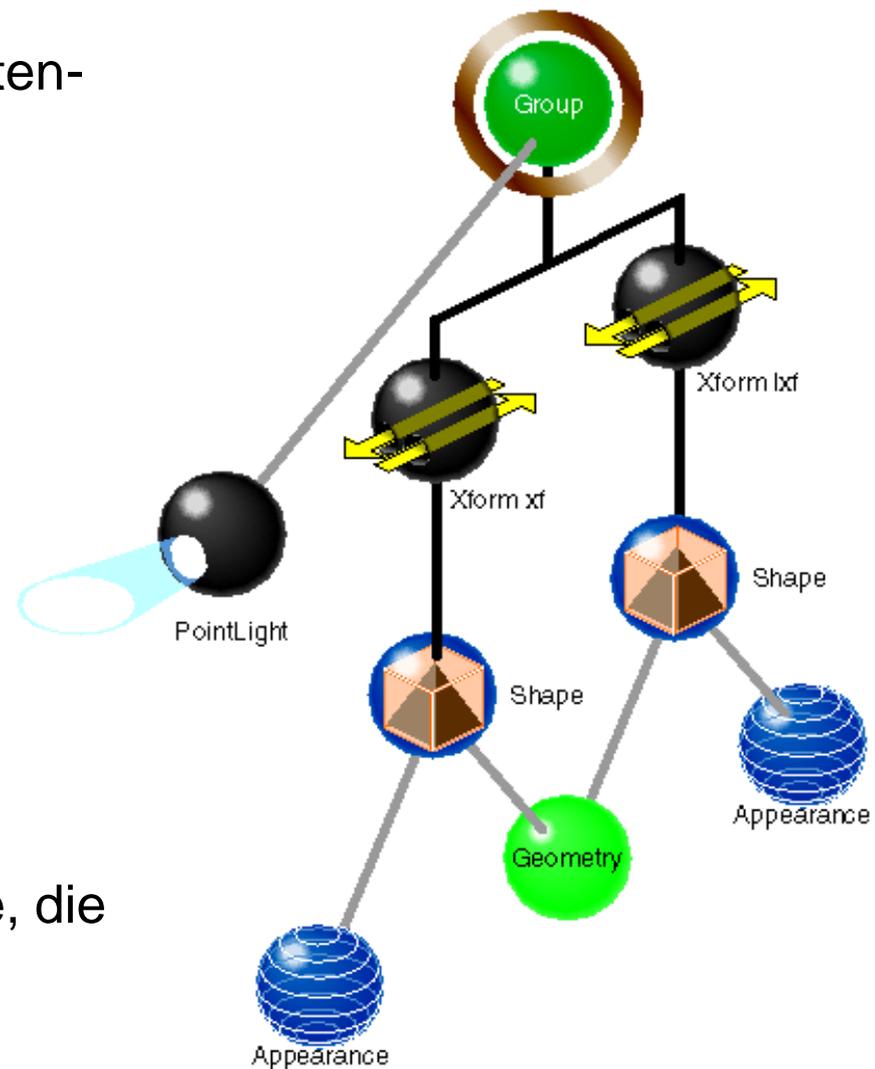


- Die Aufgabe des Renderers ist es, eine Menge von geometrischen Primitiven so schnell wie möglich darzustellen
 - Geometrische Primitiven sind beispielsweise: 3D Dreiecksnetze, Linien, Punkte, Partikel
- Der Renderer stellt darüber hinaus ein Basissystem für die Beleuchtung und die Materialverwaltung bereit
- Dabei greift er meist direkt auf die Grafikhardware zu oder er verwendet Plattform-unabhängige Zwischenschichten wie OpenGL oder DirectX

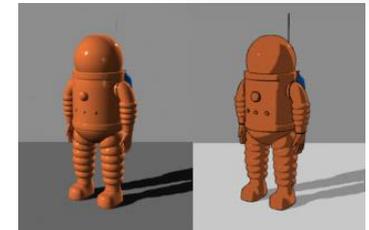


Rendering Engine: Szenengraph

- Üblicherweise eine baumartige Datenstruktur um die Objekte einer Spielszene für das Rendering (und andere Spielaspekte) zu verwalten
 - Objekte
 - Transformationen
 - Materialien
 - Lichtquellen
 - Kameras
- Unterstützt meist Culling (d.h. Das Abschneiden von Teilen der Szene, die nicht im Sichtbereich)



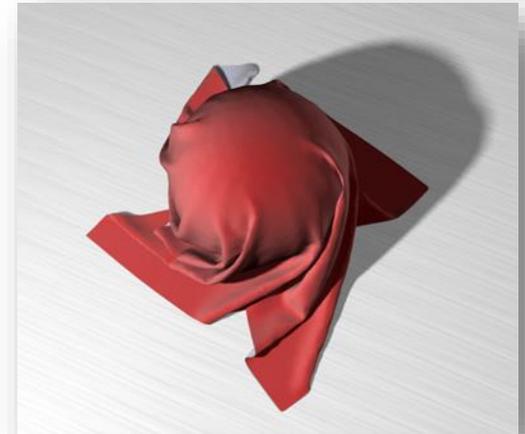
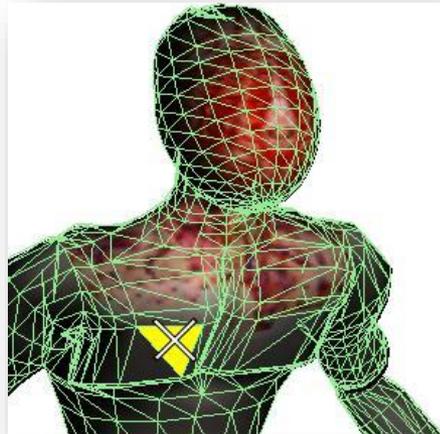
- Spezialeffekte, die nicht direkt vom Renderer (bzw der Zwischenschicht OpenGL oder DirectX) unterstützt werden
- Oft durch mitgelieferte Shader-Programme implementiert
- Beispiele:
 - Partikeleffekte (Feuer, Rauch, Explosionen)
 - Dynamische Schatten
 - Non-Photorealistic-Rendering (z.B. Cel Shading)
 - Environmental Mapping (Spiegelungen der Umgebung)
 - Post-Render-Effekte
 - HDR, FSAA, Farbkorrektur



- Darstellung von 2D-Elementen
 - Z.B: Menus
 - Heads-Up-Display (HUD)
 - In-Game 2D-Benutzerinterfaces (z.B. Inventar)
 - Darstellung von Debugging-Informationen im Spiel



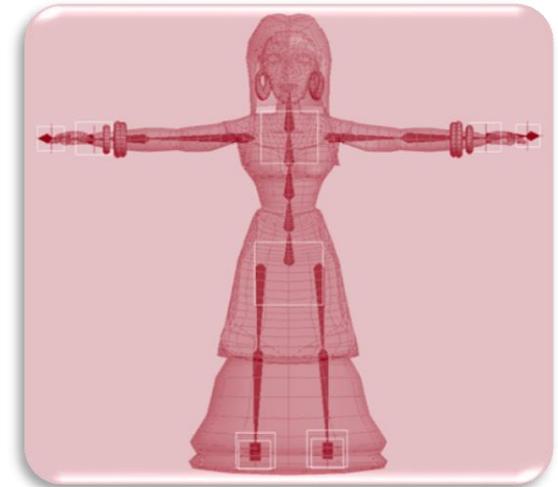
- Sorgt dafür, dass sich Objekte in einer Szene gemäss den Newton'schen Gesetzen der Physik verhalten (also, z.B., dass einem der Apfel auf den Kopf fällt)
- Definiert Masse, Kräfte und Geschwindigkeiten für die Objekte
- Kollisionsdetektion erkennt, wann Objekte zusammenstossen
- Verwendet oft vereinfachte Modelle der Physik um Echtzeitfähigkeit zu garantieren



- Abspielen von Sounds
- Hintergrundmusik (evtl szenenabhängiges Überblenden)
- Spielgeräusche (Motorengeräusche, Reifenquietschen, Waffenklingen, Schreie, Sprache,...)
 - Triggerbasiert
 - Abhängig von Spielphysik (Kollisionen)
- Spielgeräusche werden im 3D-Raum positioniert und mit Effekten versehen (Hall, Delay,...)
- Entscheidend ist hier oft die Anzahl und Art der unterstützten Formate und Effekte (MP3, WAV, ogg,...)



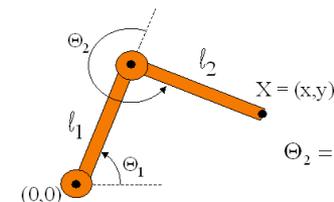
- Animation der Spielcharaktere
 - Meist Skelettanimation
 - Oft werden Daten unterstützt, die per Motion-Capturing gewonnen werden
- Überblenden einzelner Posen (Keyframes)
- Übertragen der Bewegung auf das darüberliegende Dreiecksnetz (Skinning)
- Teilweise auch inverse Kinematiken oder Forward-Kinematiken



Inverse Kinematics



- Animator specifies end-effector positions: X
- Computer finds joint angles: Θ_1 and Θ_2 :

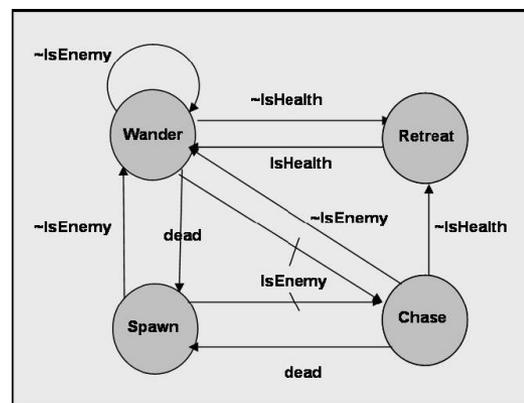


$$\Theta_2 = \cos^{-1} \left(\frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2l_1l_2} \right)$$

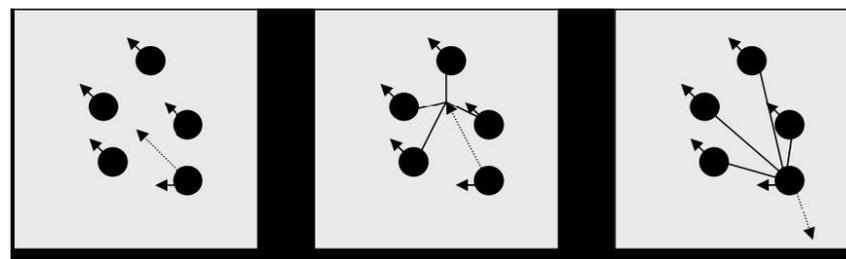
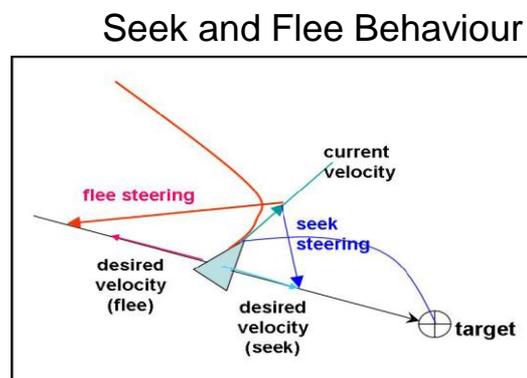
$$\Theta_1 = \frac{-(l_2 \sin(\Theta_2))x + (l_1 + l_2 \cos(\Theta_2))y}{(l_2 \sin(\Theta_2))y + (l_1 + l_2 \cos(\Theta_2))x}$$

Künstliche Intelligenz (KI)

- Sorgt dafür, dass sich NPCs (aber auch Spieler) glaubhaft in der Spielwelt bewegen und verhalten
- Bessere Engines bieten Algorithmen aus der KI
 - Endliche Zustandsautomaten
 - Neuronale Netzwerke (lernen aus dem Verhalten des Spielers)
- Gruppenverhalten
 - Schwarmverhalten
 - Fluchtverhalten
- Wegfindung

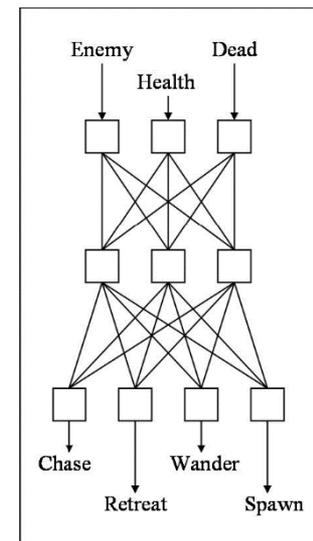


Finite State Automata



Flocking

Neural Network



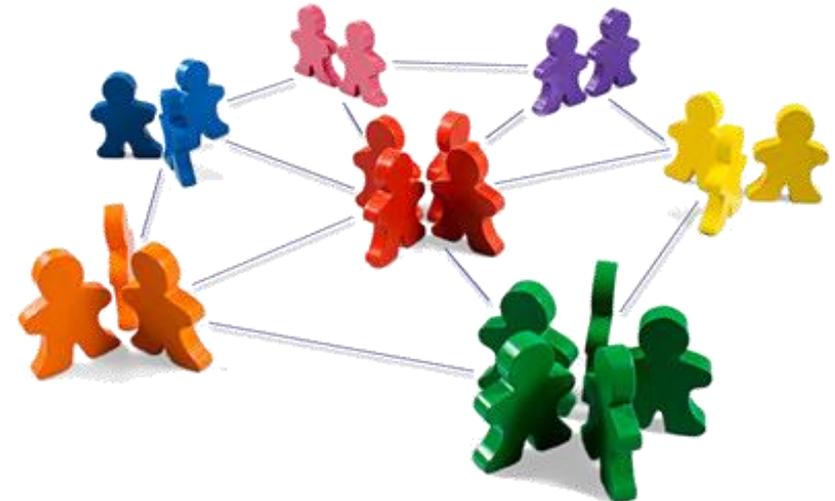
- Meist einfache, interpretierte Skriptsprache die einfachen Zugriff auf Teile (oder die gesamte) Engine erlaubt (dadurch muss das Spiel nicht bei jeder Änderung neu kompiliert werden)
- Z.B. Veränderung der Spielmechaniken durch Definition von
 - Events
 - Auszeichnungen
 - KI-Erweiterungen
- Kann eine Engine-unabhängige Sprache sein oder auch eine selbstentwickelte (Unreal-Scripting Language)



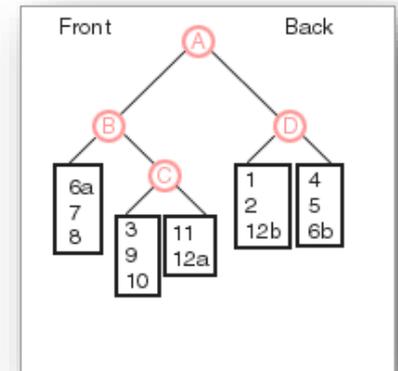
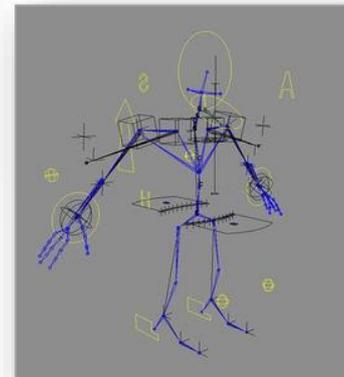
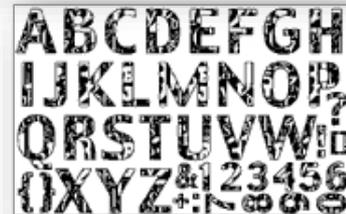
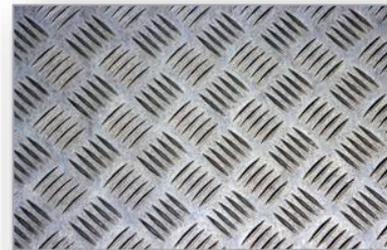
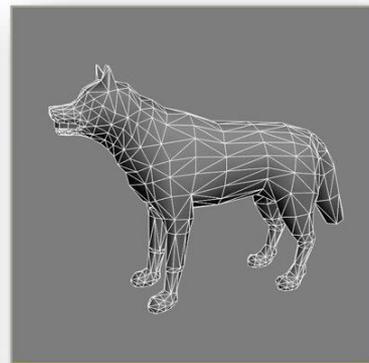
- Spiele unterstützen oft verschiedene Eingabegeräte
 - Keyboard und Maus
 - Gamepad
 - Spezialcontroller (Kinect, Lenkräder, Flighsticks, billige Plastikgitarrenimitate mit vier bunten Knöpfen, Wii Fit Board,...)
- Dieses Modul abstrahiert das Mapping von logischen Spielfunktionen und dem physikalischen Controller



- Unterstützung von Multiplayer-Spielen, wobei meist nur direkte Kommunikation zwischen den Spielern unterstützt wird
 - Dies ist zu unterscheiden von Massively Multiplayer Games (MMOGs), bei denen tausende Spieler gleichzeitig in einer gemeinsamen Welt interagieren. Dazu werden meist riesige Serverfarmen benötigt
- Stellt einen gemeinsamen, eindeutigen Zustand auf allen beteiligten Rechnern sicher
 - Dazu werden meist ausgefeilte Caching-Strategien verwendet

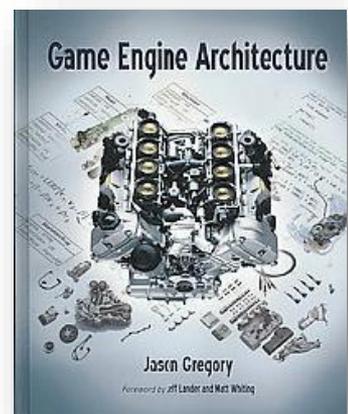
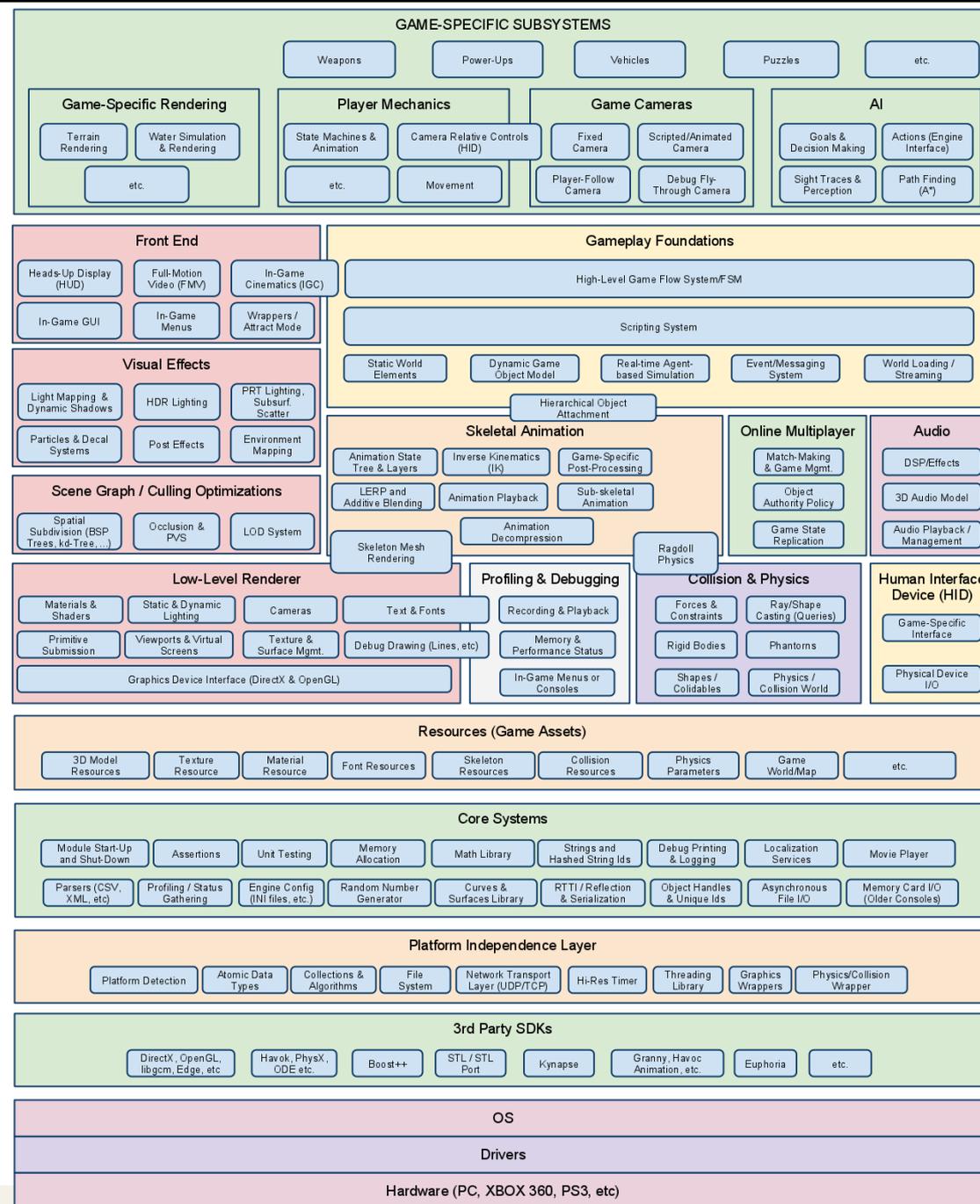


- Game Engine-eigenes Tool zum verwalten des Contents
 - 3D Objekte
 - Texturen
 - Fonts
 - Skeletanimationen
 - Levelbeschreibungen (Maps)
 - Sounds



- Meist sehr hardwarenahe Utilities und Support-Klassen
 - Mathematik-Library
 - Zufallszahlengenerator
 - Funktionen zum Abspielen von Filmen
 - Parser
 - File I/O
 - Tools für die Übersetzung in andere Sprachen
 - Debugging/Profiling-Tools
 - Multithreading
 - Speicherverwaltung
 - Assertions
 - ...

Game Engine Architecture Blocks (complete?)



Game Engine Architecture,
by Jason Gregory, 2009,
AK Peters, ISBN: 1-5688-
1413-5.

- While user input not exit
 - Update Scene-Graph via User-Input
 - Update Scene-Graph with network cache
 - Update Scene-Graph via KI
 - Update Scene-Graph via Physics and Animation
 - Render Scene-Graph to Screen via Graphics System
- Endwhile

Game Engines vs. SDKs und APIs

- Game Engines benötigen oft eine enge Anbindung an die Hardware
 - Realisierung durch Plattform-unabhängige Extraschichten oder betriebssystemeigene APIs
- Kaum ein Game-Engine-Entwickler erfindet das Rad komplett neu. Meist Rückgriff auf bekannte und etablierte SDKs und APIs:
 - Datenstrukturen und Algorithmen: STL, Boost
 - Graphikhardware: DirectX, OpenGL
 - Physik: Havok, PhysX, ODE
 - Sound: Fmod, Irrklang





One Game Engine to Rule Them All?



Also doch lieber alles selbst machen?

- Abhängig von Anforderungen, Resources und anderen Nebenbedingungen
 - Technische Anforderungen (z.B., will man das letzte Quäntchen Performance herausholen?)
 - Finanzielle Ressourcen (z.B., gibt es genügend Startkapital?)
 - Zeitliche Nebenbedingungen (z.B., soll das Spiel in einem Monat oder erst in zwei Jahren fertig werden?)
 - Anforderungen an die Zielplattform (z.B., Browsergames mit Flash?)
 - Andere Faktoren (z.B., ist das Spiel ein Sequel und es gibt bereits Code vom Vorgänger?)
- Realität: Die meisten heute entwickelten Spiele verwenden irgendeine Art von “Engine Layer”

Gründe um komplett neu zu entwickeln

- Die technischen Anforderungen werden von keiner existierende Game Engine erfüllt (z.B. Minecraft)
- Pädagogische Gründe (weil man in erster Linie die Technologie erlernen will und erst in zweiter ein Spiel entwickeln)
- Bietet besseres Verständnis der Game Engine
 - Kann bei Bedarf einfach erweitert oder angepasst werden
- Eine eigene Engine passt genau zum Genre, in welchem man das Spiel entwickelt (kaum Performanceverluste durch Overhead, man implementiert nur Features, die man auch wirklich benötigt)
- Man will keine Lizenzgebühren zahlen
 - Eigentlich kein wirkliches Argument mehr – es gibt zahlreiche günstige oder gar kostenlose Engines → Es wird immer mehr kosten, eine eigene Engine zu entwickeln

Gründe um eine Game Engine zu verwenden

- **Finanzielle** – Zeit/Geld reichen nicht, eine eigene Engine zu entwickeln
- **Support** – Bestehende Engines haben schon eine User Community und/oder eine Dokumentation
- **Robustheit** – Bestehende Engine haben weniger Bugs und die Codebasis ist bereits getestet
- **Vorkenntnisse** – Die Entwickler verfügen bereits über Erfahrungen mit einer bestehenden Game Engine

“It’s a Jungle Out There”

- Fast mehr Game-Engines als Spiele
- 375 Engines auf DevMaster.net
- 444 Engines auf IndieDB.com

100 Most Popular Engines Today

Name	Released	Licence	Last Updated	Visits (today/total)	Trend
1. Unity	✓	Commercial	17hours 48mins ago	16 609,201	↑ 2
2. S2ENGINE HD	✓	Commercial	Mar 15 2015, 5:32am	11 59,047	↓ 1
3. Unreal Engine 4	✓	Commercial	19hours 4mins ago	11 109,046	↓ 1
4. Torque Game Engine	✓	Commercial	8hours 57mins ago	10 51,118	↑ 124
5. GameMaker: Studio	✓	Commercial	9hours 12mins ago	8 289,109	↑ 3
6. Wave Engine	✓	Proprietary	Feb 26 2015, 5:20am	7 64,913	↓ 1
7. 2D Fighter Maker 2nd	—	Commercial	Oct 7 2013, 12:05pm	5 25,858	↓ 3
8. Blender Game Engine	✓	GPL	Feb 4 2015, 8:04pm	5 136,744	↑ 9
9. C4 Engine	✓	Commercial	Feb 21 2015, 4:26pm	5 49,030	↑ 24
10. Construct 2	✓	Commercial	Mar 16 2015, 11:37am	4 87,265	↑ 9

Zahlreiche Features zur Auswahl

General Info

Graphics API

[OpenGL](#) | [DirectX](#) | [Glide](#) | [Software](#) | [Other](#)

Operating Systems

[Windows](#) | [Linux](#) | [MacOS](#) | [Solaris](#) | [SunOS](#) | [HP/UX](#) | [FreeBSD](#) | [Irix](#) | [OS/2](#) | [Amiga](#) | [DOS](#) | [Xbox](#) | [Playstation](#) | [GameCube](#) | [GBA](#) | [PSP](#) | [N-Gage](#) | [BeOS](#) | [Xbox360](#) | [PS2](#) | [PS3](#) | [Nintendo Wii](#) | [Nintendo DS](#)

Programming Language

[C/C++](#) | [Java](#) | [C#](#) | [D](#) | [Delphi](#) | [Pascal](#) | [BASIC](#) | [Ada](#) | [Fortran](#) | [Lisp](#) | [Perl](#) | [Python](#) | [Visual Basic 6](#) | [VB.NET](#)

Status

[Alpha](#) | [Beta](#) | [Productive/Stable](#) | [Inactive](#)

Misc

[Documentation](#)

General Features

[Object-Oriented Design](#) | [Plug-in Architecture](#) | [Save/Load System](#) | [Other](#)

Game Features

Networking System

[Client-Server](#) | [Peer-to-Peer](#) | [Master Server](#)

Tools & Editors

[Scripting](#) | [Built-in Editors](#)

Sound & Video

[2D Sound](#) | [3D Sound](#) | [Streaming Sound](#)

Physics

[Basic Physics](#) | [Collision Detection](#) | [Rigid Body](#) | [Vehicle Physics](#)

Artificial Intelligence

[Pathfinding](#) | [Decision Making](#) | [Finite State Machines](#) | [Scripted](#) | [Neural Networks](#)

Graphics Features

Lighting

[Per-vertex](#) | [Per-pixel](#) | [Volumetric](#) | [Lightmapping](#) | [Radiosity](#) | [Gloss maps](#) | [Anisotropic](#) | [BRDF](#)

Shadows

[Shadow Mapping](#) | [Projected planar](#) | [Shadow Volume](#)

Texturing

[Basic](#) | [Multi-texturing](#) | [Bumpmapping](#) | [Mipmapping](#) | [Volumetric](#) | [Projected](#) | [Procedural](#)

Shaders

[Vertex](#) | [Pixel](#) | [High Level](#)

Rendering

[Fixed-function](#) | [Stereo Rendering](#) | [Raytracing](#) | [Raycasting](#) | [Deferred Shading](#) | [Render-to-Texture](#) | [Voxel](#) | [Fonts](#) | [GUI](#)

Scene Management

[General](#) | [BSP](#) | [Portals](#) | [Octrees](#) | [Occlusion Culling](#) | [PVS](#) | [LOD](#)

Animation

[Inverse Kinematics](#) | [Forward Kinematics](#) | [Keyframe Animation](#) | [Skeletal Animation](#) | [Morphing](#) | [Facial Animation](#) | [Animation Blending](#)

Meshes

[Mesh Loading](#) | [Skinning](#) | [Progressive](#) | [Tessellation](#) | [Deformation](#)

Surfaces & Curves

[Splines](#) | [Patches](#)

Special Effects

[Environment Mapping](#) | [Lens Flares](#) | [Billboarding](#) | [Particle System](#) | [Depth of Field](#) | [Motion Blur](#) | [Sky](#) | [Water](#) | [Fire](#) | [Explosion](#) | [Decals](#) | [Fog](#) | [Weather](#) | [Mirror](#)

Terrain

[Rendering](#) | [CLOD](#) | [Splatting](#)

[[DevMaster.net](#)]

Einige wichtige Unterscheidungsmerkmale

- Kommerziell vs. Open Source vs. Kostenlos
- Unterstützte Plattformen
- Unterstützte Features/Module
- Support/Community (Online Foren, Mailing-Listen)/Dokumentation
- Unterstützte Programmiersprachen
- Extensible IDE vs. Open Class Library

- Code-orientierte Entwicklung
- Meist sehr bedacht aufgebautes internes Modulsystem (Da der Entwickler damit direkt in Berührung kommt)
- Können sehr leicht modifiziert werden
- Oftmals Open Source
 - Bemerkung: Für die Unreal Engine ist der Source Code vollständig erhältlich, er darf aber nicht frei weiter verteilt werden
- Oftmal größere Hürde für Einsteiger und Gelegenheitsprogrammierer
- Beispiele:
 - Irrlicht, C4, Unreal (teilweise)   
 - Nahezu alle reinen 3D Engines wie Ogre 3D, OpenSG, Open Scene Graph

- GUI-orientierte Entwicklung
 - Einsteigerfreundlich
 - Eher “Content”-orientiert
- Einfache Verwaltung des Contents (Texturen, Objekte,...)
 - Direkt in die Engine-eigene IDE integriert
- Eingeschränkter (bzw kontrollierter) Zugriff auf die Kernfunktionen
 - Verhindert Missbrauch/Fehler
 - Verhindert aber auch eigene Erweiterungen und kann Kreativität einschränken
- Beispiele: Unity, Unreal  

DIE “beste” Engine gibt es nicht

- Die Auswahl der Engine für ein bestimmtes Projekt ist immer sehr situationsabhängig

- Die Gründe sind nahezu dieselben wie auf den Folien zur Diskussion über Do-It-Yourself vs. Game Engine
 - Plattform, Programmiersprache
 - Kosten
 - Spezielle technische Features
 - Vorerfahrung mit der Engine
 - Support
 - Bösertige Vorgaben durch den Dozenten

Warum Unreal Engine in dieser Vorlesung?



- Bietet sowohl GUI-orientierte Entwicklung als auch Quellcode
 - Leichterer Einstieg als beispielsweise mit C4
 - Mehr Kontrollmöglichkeiten als Unity
- Programmierung in C++
 - Nach wie vor Gold Standard im Bereich der Spieleentwicklung, schon aus Performancegründen
 - Objektorientierte Programmierung wichtiges Konzept des Software Engineering
- Direkte Integration in vollständige IDEs
 - Microsoft Visual Studio (Windows), Xcode (Mac)
- Quellcode vollständig erhältlich
 - Vereinfacht das Debugging
 - Leichte Erweiterbarkeit

Kleiner Vergleich der Features einiger Engines



vs



vs



- Drei der am weitesten verbreiteten Engines
- Allerdings kein vollständiger Überblick, eher ein subjektiver Vergleich einiger Features

Object-Oriented Design, Plug-in Architecture, Save/Load System

- Clean class hierarchy for scene graph nodes
- General state serialization support for saving worlds
- Separation between per-instance and shared data
- External scene graph referencing from within another scene graph
- Support for pack files and virtual directory hierarchy
- Skinable GUI's



Object-Oriented Design, Plug-in Architecture, Save/Load System

- Professional FPS controller ready to drop in (and tune)
- Streamed loading for the Unity Web Player
- Unity asset server / asset source code version control
- Cross-platform Web player
- Standalone executables for both Mac OS X and Windows
- Mac OS X Dashboard Widgets
- iPhone Publishing is available as add-on product
- Streaming Asset Bundles: the ability to stream in any asset (terrain, mesh, etc) into the game



Object-Oriented Design, Plug-in Architecture, Save/Load System

- Professional FPS controller ready to drop in (and tune)
- Multiplatform compilation – Windows, Mac, Linux Mobile
- Built-in content and community integration





Basic Physics, Collision Detection, Rigid Body

- Built-in character controller
- Built-in projectile controller
- Real-time fluid surface simulation
- Real-time cloth simulation



Basic Physics, Collision Detection, Rigid Body, Vehicle Physics

- Powered by the PhysX Engine, which also supports particle physics
- Cloth simulation



Basic Physics, Collision Detection, Rigid Body, Vehicle Physics

- Powered by the PhysX Engine, which also supports particle physics



- Graphical script editor
- Scripts are edited graphically for easy artist/designer access
- Games can easily define custom script components, and these automatically appear in the editor
- Controllers can advertise custom function calls that can be accessed from scripts
- Scripts support variables, looping, and conditional execution, all shown in a concise graphical manner



- Uses the Mono and supports JavaScript, C# and Boo, interoperable (to a certain extent) and JIT'ted to native code
- Complete scripting documentation
- Source-level debugging



- Blueprints visual scripting, easier “programming” for artists and designers
- Live debugging of script code before trying out in game
- Extensible scripting → Objects can link with blueprints to be used in script code



- Full-featured integrated cross-platform world editor
- Interface panel editor
- Complete built-in windowing system
- Powerful and intuitive interface design
- Advanced surface attribute manipulation and material management



- Editor provides asset pipeline: save a file and it updates automatically
- Editor Extensibility: Create custom editor windows, and new tools and workflows
- Asset Server that provides version control capabilities for Unity projects
- Optimized for use with large projects
- Updates, commits, and graphical version comparisons inside the Unity editor.



- World editor
- Version control integration – indicates objects that are checked in, out. Can do diffs, etc. within editor



Lighting: Per-vertex, Per-pixel, Lightmapping, Radiosity, Gloss maps, Anisotropic:
Texturing: Basic, Multi-texturing, Bumpmapping, Mipmapping, Projected
Shaders: Vertex, Pixel, High Level:
Shadows: Shadow Mapping, Projected planar, Shadow Volume
...



Lighting: Per-vertex, Per-pixel, Lightmapping
Texturing: Basic, Bumpmapping, Procedural
Shaders: Vertex, Pixel, High Level
Shadows: Projected planar
...



Lighting: Lightmapping, Per-pixel,
Texturing: Basic, Bumpmapping
Shaders:
Shadows:
...



Client-Server:

- Fast, reliable network implementation using UDP/IP
- Solid fault tolerance and hacker resistance
- Advanced security measures, including packet encryption
- Automatic message distribution to entity controllers
- Cross-platform internet voice chat



Client-Server:

- Build on Raknet
- Supports .NET library and asynchronous WWW API
- Multiplayer networking (advanced NAT punch-through, delta compression, easy to set up)
(cf. guest lectures later in term)



Client-Server:

- Communication via RPC
- Reliable and unreliable
- Built in voice support
- Network simulation features (e.g., packet lag, packet loss)



AI system:

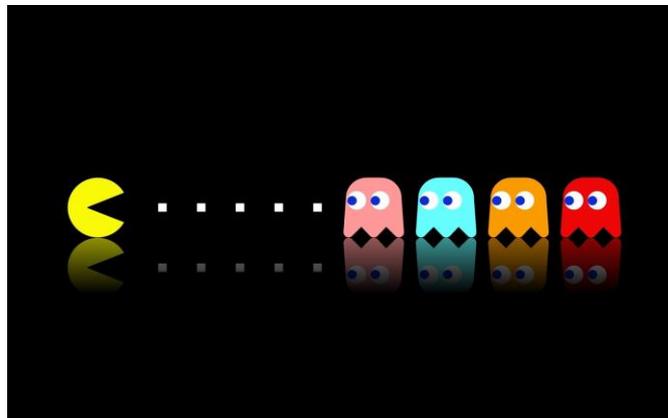
- Behavior trees
- Real-time navmesh (pathfinding)
- Environment query tree

- Ziel der Übungen (und dieser Vorlesungsstunde) ist es nicht, EINE Game Engine (in unserem Fall der  Engine) bis ins letzte Detail zu durchdringen, sondern
- das Grundkonzept von Game Engines zu verstehen
 - Letztendlich sind alle Game Engines ziemlich ähnlich aufgebaut
 - Ebenso wie bei Programmiersprachen gilt: Kennt man eine, kennt man alle
- den Umgang mit diesen wichtigen Tools für die Erstellung digitaler Medien zu erlernen
- Kriterien kennen zu lernen, die Euch bei der Auswahl für die beste Engine für ein bestimmtes Projekt unterstützen



Media Engineering

Unser Projektchen



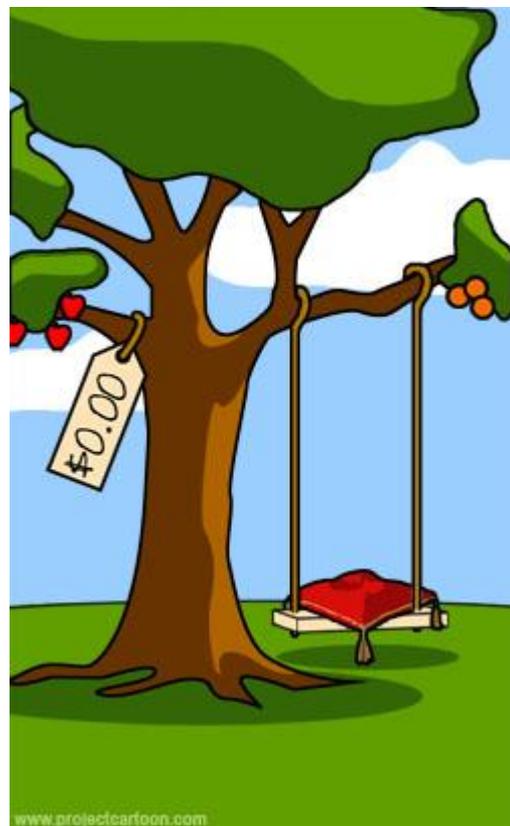
R. Weller

University of Bremen, Germany

cgvr.cs.uni-bremen.de

- Entwicklung eines Spiels (Pacman)





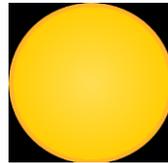
Was ich mir vorstelle



Wie Ihr es verstehen werdet



- Spielfigur



- Münzen zum Einsammeln



- Gegner

- Spielfeld



- Verwendung der Unreal Engine 
- Verwendung von C++
- Verwendung von mindestens drei eigenen C++-Klassen die nicht automatisch von Unreal generiert werden
 - Z.B. Speicherung des Spielfelds als Bitmap (2D-Array mit boolschen Werten um zu speichern, wo Spielfeld und wo Wände sind)
 - Spieler-Klasse (Speichert Ort auf der Bitmap, gefressene Münzen,...)
 - Gegner-Klasse und (ganz einfache) KI: z.B. Wenn eine Kreuzung kommt, werfe eine Münze ob rechts oder links abgebogen werden soll
- Es soll Sound verwendet werden
- GUI (Graphical User Interface): Menusystem und HUD (Heads-Up-Display)

- Menus
 - Z.B. Optionen
 - Highscore-Liste



HIGH SCORES		
RANK	SCORE	NAME
1ST	10000	BOB
2ND	10000	JWC
3RD	10000	SKT
4TH	10000	TBS
5TH	10000	MNM
6TH	10000	WKJ
7TH	10000	SVD
8TH	10000	WHO
9TH	10000	TRN
10TH	10000	JMC

CREDIT 0

- HUD
 - Punktestand
 - Anzahl Leben



Viele Freiheiten

- Z.B. Perspektive
 - Top-Down
 - Third-Person
 - Ego



- Extra-Features (die keine Pflicht sind):

- Kraftpillen
- Kirschen
- Tunnel
- Animationen/Objekte
- ...

- Zielplattform

- PC/Mac
- Mobilgeräte



Noch mehr Freiheiten

- Es darf auch ein anderes (einfaches) Spielprinzip gewählt werden (Tetris, Minesweeper, Sokoban, eigene Idee, ...)



- Aber: Die Vorgabenfolie ist nicht verhandelbar!
 - Unreal Engine, C++, GUI, Sound, ...
- Für die eigentliche Implementationsphase sind 3 Wochen geplant! Euer Projekt muss sich in dieser Zeit realisieren lassen.



- Bitte nicht sofort loslaufen und rumprogrammieren
- Software Engineering bedeutet in erster Linie Texte produzieren und nicht Programmieren!
- Insgesamt 5 Übungszettel
- Kommende Woche kommt der erste Übungszettel zum Thema Anforderungsanalyse
- Weitere Übungen:
 - GUI-Design
 - UML
 - Implementation
 - Test

So ein Ende wollen wir nicht...

