



Media Engineering

Game Engines



R. Weller

University of Bremen, Germany

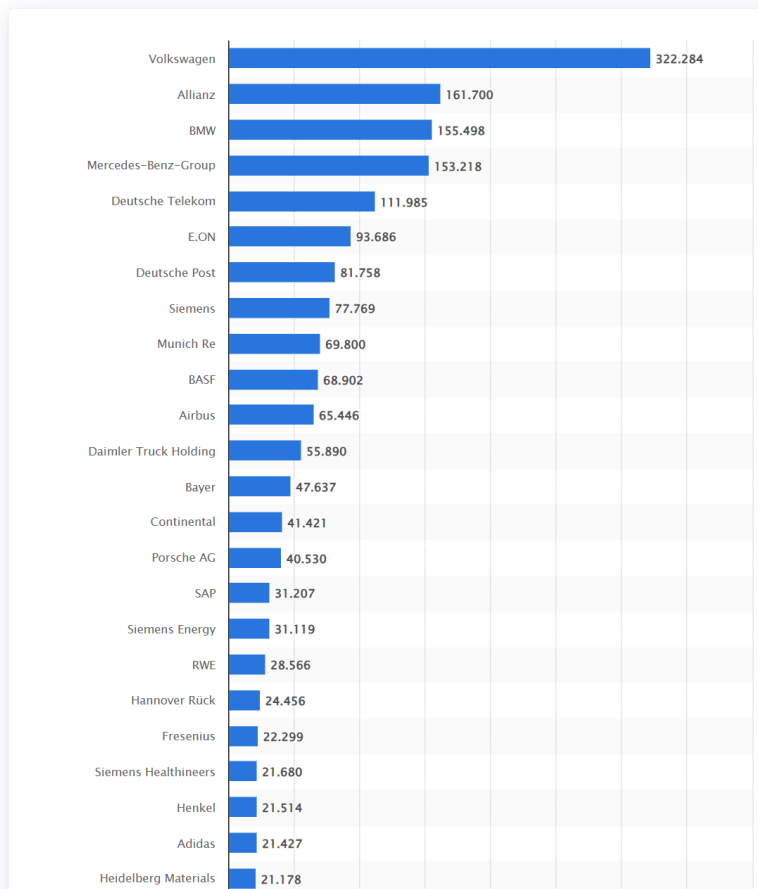
cgvr.cs.uni-bremen.de

- Bücher
- Videospiele
- Fernsehen
- Zeitungen/Zeitschriften
- Hörfunk
- Internetvideo
- Musik

[illegible]

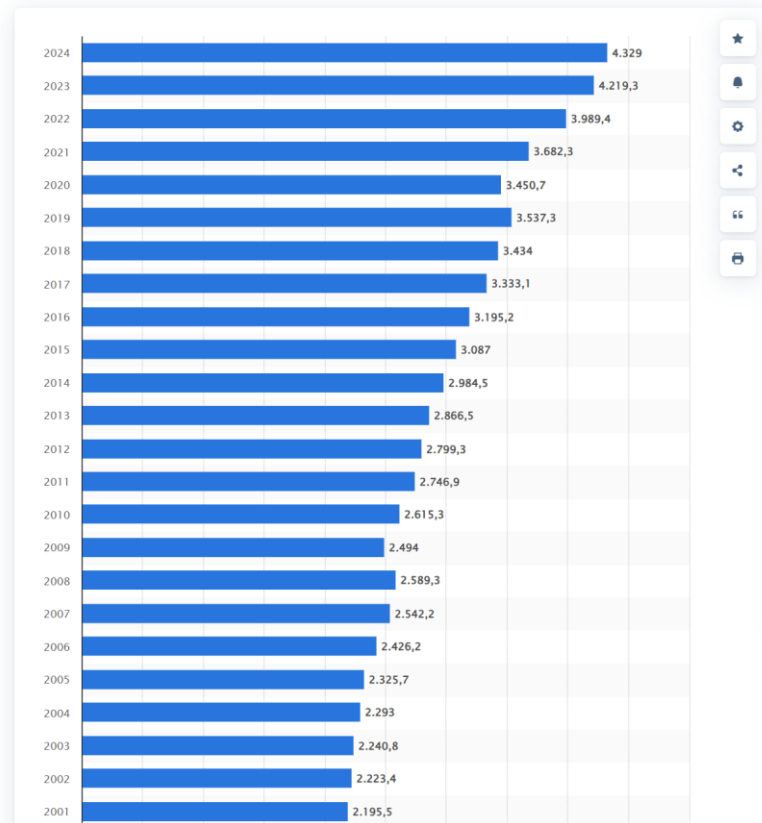
Umsätze der DAX-Konzerne¹ im Jahr 2023

(in Millionen Euro)



Bruttoinlandsprodukt (BIP) in Deutschland von 1991 bis 2024

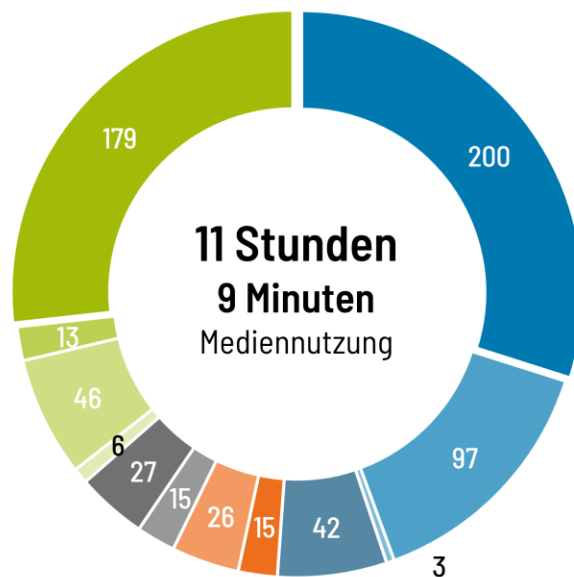
(in Milliarden Euro)



Mediennutzung in Deutschland 2023

Anteile der Medien am Medienzeitbudget 2023

Durchschnittliche tägliche Mediennutzung, in Minuten



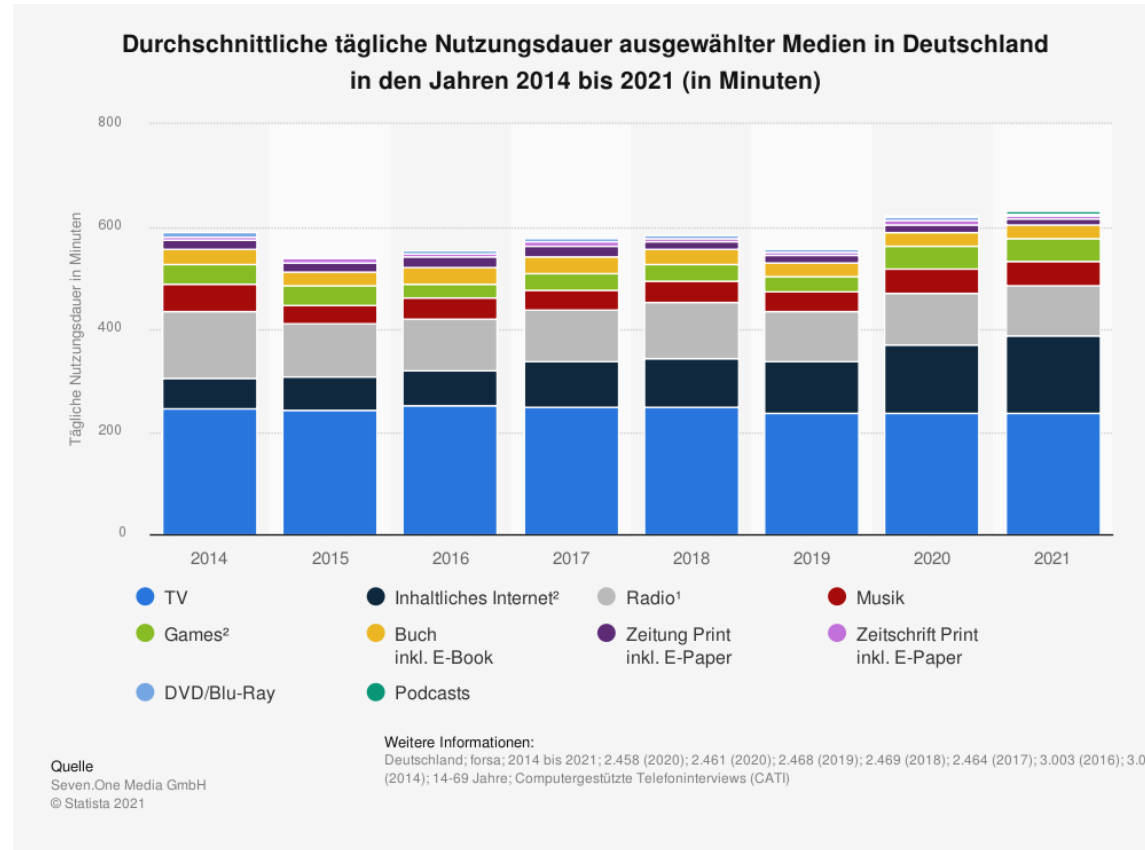
- Fernsehen
- Online-Video*
- DVD/Blu-ray
- Kino
- Videospiele
- Social Media**
- Internet inhaltlich***
- Zeitungen, Zeitschriften****
- Buch*****
- CD
- Musikstreaming/MP3
- Podcasts/Hörbücher
- Radio

Hinweis: Die genannten Medienzeitbudgets stammen aus unterschiedlichen Studien, sodass aufgrund methodischer Abweichungen insbesondere die Summierung lediglich als Näherungswert zu betrachten sind.

*Mediatheken (BVoD), Subscription-Video-on-Demand (SVoD), YouTube und Social-Media-Video; **Exkl. Social-Media-Video; ***Exkl. Kommunikation, Onlinevideo & Musikstreaming; ****Inkl. ePaper; *****Inkl. eBook;

Quellen: VAUNET-Analyse auf Basis von AGF Videoforschung 2023 (TV, ab 14 Jahren), ma 2023 Audio II (Radio, werktäglich ab 14 Jahren) und Seven.One Media / forsa - Media Activity Guide 2023, ViewTime Report (alle weiteren Medien, 14-69 Jahre)

VAUNET



Marktübersicht (Digitale) Medien in Deutschland

Tab. 2 Gesamtumsätze der Unterhaltungs- und Medienbranche in Deutschland (Seite 10)

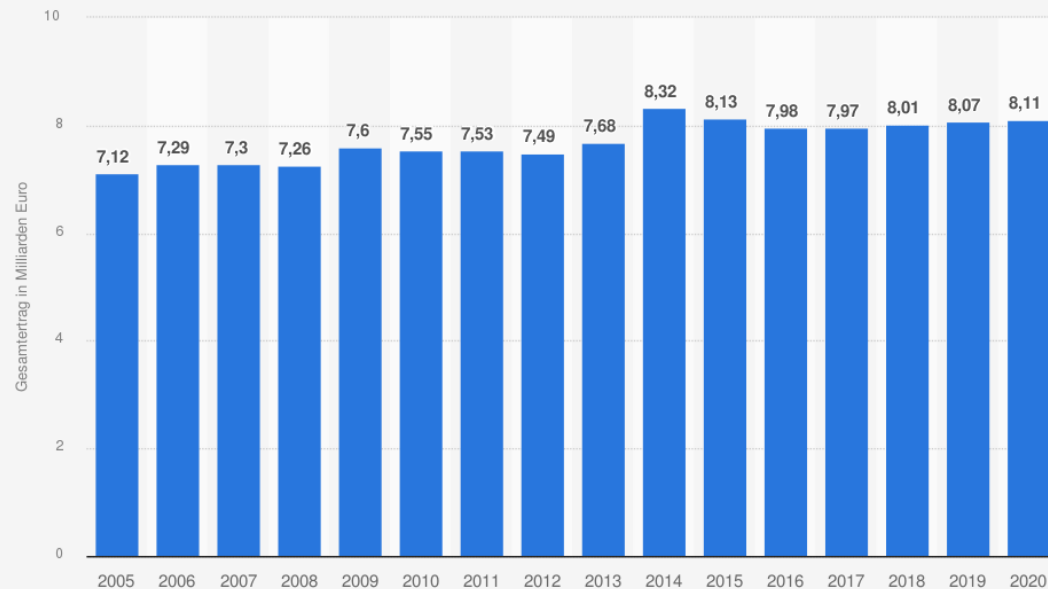
Deutschland	Ø jährliches Wachstum										
in Mio. Euro	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2024–2029
Bücher, Zeitungen und Zeitschriften	16.714	17.243	17.063	17.021	16.781	16.405	16.000	15.578	15.144	14.701	–2,6
Veränderungsrate (in %)		3,2	–1,0	–0,2	–1,4	–2,2	–2,5	–2,6	–2,8	–2,9	
Fernsehen und TV-Werbung	9.937	11.108	10.762	10.595	10.451	10.379	10.377	10.308	10.266	10.157	–0,6
Veränderungsrate (in %)		11,8	–3,1	–1,6	–1,4	–0,7	0,0	–0,7	–0,4	–1,1	
Internetvideo	2.279	2.990	3.434	4.168	4.918	5.638	6.108	6.509	6.867	7.185	7,9
Veränderungsrate (in %)		31,2	14,9	21,4	18,0	14,6	8,3	6,6	5,5	4,6	
Onlinewerbung	10.655	13.702	15.267	16.911	19.395	21.450	23.361	25.148	26.601	27.849	7,5
Veränderungsrate (in %)		28,6	11,4	10,8	14,7	10,6	8,9	7,6	5,8	4,7	
Außenwerbung	988	1.102	1.227	1.279	1.492	1.627	1.694	1.743	1.783	1.816	4,0
Veränderungsrate (in %)		11,6	11,3	4,3	16,7	9,0	4,1	2,9	2,3	1,9	
Kino	336	401	765	981	933	1.024	1.084	1.118	1.143	1.172	4,7
Veränderungsrate (in %)		19,4	90,5	28,3	–4,9	9,7	5,9	3,1	2,3	2,5	
Musik, Radio und Podcast	3.171	3.756	4.954	5.704	5.956	6.167	6.349	6.490	6.592	6.665	2,3
Veränderungsrate (in %)		18,4	31,9	15,1	4,4	3,5	3,0	2,2	1,6	1,1	
Videospiele und E-Sport	7.348	7.605	7.645	8.305	8.228	8.707	9.215	9.403	9.685	9.947	3,9
Veränderungsrate (in %)		3,5	0,5	8,6	–0,9	5,8	5,8	2,0	3,0	2,7	
Mixed Reality	283	421	617	756	843	928	1.022	1.117	1.202	1.278	8,7
Veränderungsrate (in %)		48,7	46,7	22,5	11,6	10,0	10,2	9,3	7,6	6,3	
B2B	10.141	10.754	12.484	13.563	13.918	14.100	14.228	14.321	14.389	14.436	0,7
Veränderungsrate (in %)		6,0	16,1	8,6	2,6	1,3	0,9	0,7	0,5	0,3	
Connectivity	30.174	31.041	31.488	31.813	32.870	34.230	35.054	35.723	36.372	37.029	2,4
Veränderungsrate (in %)		2,9	1,4	1,0	3,3	4,1	2,4	1,9	1,8	1,8	
Gesamtumsatz (um Doppelzählungen bereinigt) ¹	89.547	97.101	102.248	107.371	111.624	116.023	119.397	121.944	124.184	126.076	2,5
Veränderungsrate (in %)		8,4	5,3	5,0	4,0	3,9	2,9	2,1	1,8	1,5	

¹ Gesamtsumme ist ungleich der Summe ihrer Teile, da Doppelungen der Umsätze aus Teilsegmenten abgezogen wurden.

Quellen: PwC, Omdia.

TV-Gebühren in Deutschland

Gesamtertrag des ARD ZDF Deutschlandradio Beitragsservice (bis 2012 der
Gebühreneinzugszentrale - GEZ) in den Jahren 2005 bis 2020 (in Milliarden
Euro)



Quellen

ARD ZDF Deutschlandradio Beitragsservice; GEZ
© Statista 2021

Weitere Informationen:

Deutschland

14 Mrd. Euro



FERNSEHERLÖSE IN 2019

Stabile TV-Umsätze

Die TV-Rundfunkerlöse betrugen 2019 insgesamt 14,0 Mrd. Euro. Umsatzstärkstes Segment sind neben den Rundfunkgebühren insbesondere die **TV-Werbung mit 4,4 Mrd. Euro** pro Jahr.

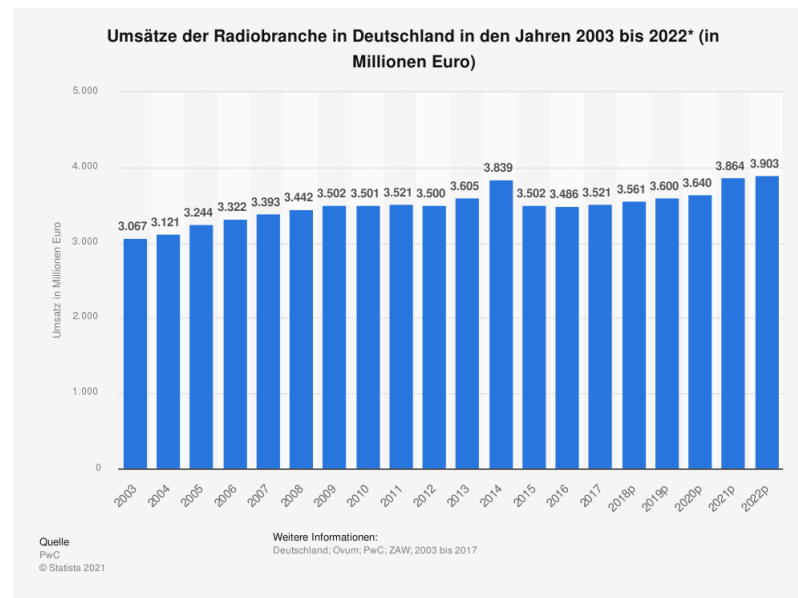
VÄUNET
Verband Privater Medien

instituten, ZAW

Kapitel Musik, Radio und Podcast

Tab. 30 Umsatzentwicklung des Musik-, Radio- und Podcastmarktes (Seite 87)

in Mio. Euro	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Musik-aufnahmen	1.936,08	2.200,64	2.314,99	2.475,17	2.612,97	2.740,53	2.858,36	2.946,53	3.009,91	3.057,78
Livemusik	485,11	834,93	1.918,14	2.484,80	2.581,77	2.653,26	2.704,92	2.742,58	2.769,80	2.783,68
Radio	713,00	677,00	672,94	691,86	705,70	714,10	724,65	737,03	746,72	755,34
Podcast-werbung	36,64	43,15	47,69	51,87	55,38	58,65	61,40	63,97	65,97	67,72
Gesamt	3.170,83	3.755,72	4.953,76	5.703,70	5.955,83	6.166,53	6.349,33	6.490,12	6.592,40	6.664,52
Wachstums-rate in %		18,4	31,9	15,1	4,4	3,5	3,0	2,2	1,6	1,1



Tab. 31 Umsatzentwicklung des Musikmarktes (Seite 87)

in Mio. Euro	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Livemusik	485,11	834,93	1.918,14	2.484,80	2.581,77	2.653,26	2.704,92	2.742,58	2.769,80	2.783,68
Leistungsschutzrechte	216,34	236,67	220,51	221,45	221,98	226,11	228,95	231,72	234,41	236,77
Synchronisationsrechte	7,42	9,03	10,04	8,15	11,00	12,00	12,97	13,78	14,52	15,22
Physische Musikaufnahmen	509,50	463,00	407,94	408,94	378,99	375,83	374,34	373,64	373,41	373,65
Digitale Musikaufnahmen	1.202,82	1.491,93	1.676,49	1.836,63	2.001,00	2.126,58	2.242,10	2.327,40	2.387,57	2.432,14
Gesamt	2.421,19	3.035,57	4.233,13	4.959,97	5.194,75	5.393,78	5.563,27	5.689,12	5.779,71	5.841,47
Wachstumsrate in %		25,4	39,5	17,2	4,7	3,8	3,1	2,3	1,6	1,1

Quellen: PwC, Omdia, Bundesverband Musikindustrie.

Abb. 17 Umsätze des digitalen Musikvertriebes (Seite 62)

in Mio. Euro	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Streaming	385	549	705	909	1.133	1.298	1.436	1.562	1.673	1.777
Downloading	194	157	121	88	66	50	38	28	21	15
Klingeltöne/Ringbacks	24	21	18	15	12	10	8	6	5	4
Gesamt	603	726	844	1.013	1.211	1.358	1.482	1.596	1.698	1.796
Wachstumsrate in %		20,48	16,13	20,02	19,62	12,15	9,12	7,67	6,42	5,76

Quellen: PwC, Omdia, Bundesverband Musikindustrie.

Kapitel Bücher, Zeitungen und Zeitschriften

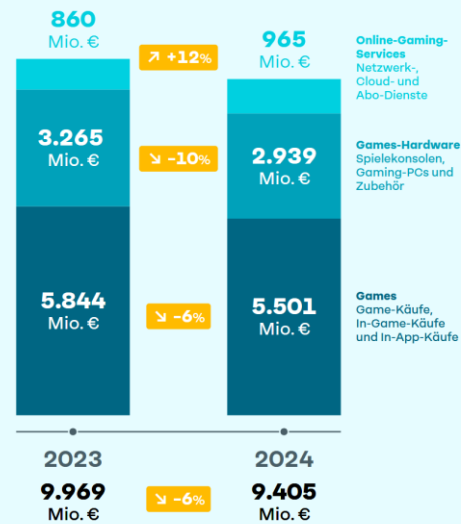
Tab. 6 Umsatzentwicklung des Marktes für Bücher, Zeitungen und Publikumszeitschriften (Seite 22)

in Mio. Euro	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Bücher	7.552,33	7.892,01	7.762,64	7.992,34	8.073,14	8.024,17	7.954,71	7.870,08	7.773,77	7.664,31
Publikums- zeitschriften	2.568,89	2.609,37	2.592,45	2.493,71	2.415,97	2.334,94	2.253,28	2.175,15	2.100,89	2.030,60
Zeitungen	6.592,49	6.741,14	6.707,72	6.534,73	6.291,99	6.045,42	5.791,55	5.532,33	5.269,83	5.006,00
Gesamt	16.713,72	17.242,51	17.062,81	17.020,77	16.781,10	16.404,53	15.999,54	15.577,57	15.144,49	14.700,91
Wachstumsrate in %		3,2	-1,0	-0,2	-1,4	-2,2	-2,5	-2,6	-2,8	-2,9

Quellen: PwC, Omdia, World Association of Newspapers and News Publishers.

Videospielemarkt

Deutscher Games-Markt 2024: Rückgang um 6 Prozent



Endergebnis Medienmarkt

- Fernsehen (10,6M)
- Zeitungen/Zeitschriften (9,2M)
- Buch(7,9M)
- Videospiele(5,8M)
- Internetvideo(4,1M)
- Hörfunk(3,9M)
- Musik(2,2M)

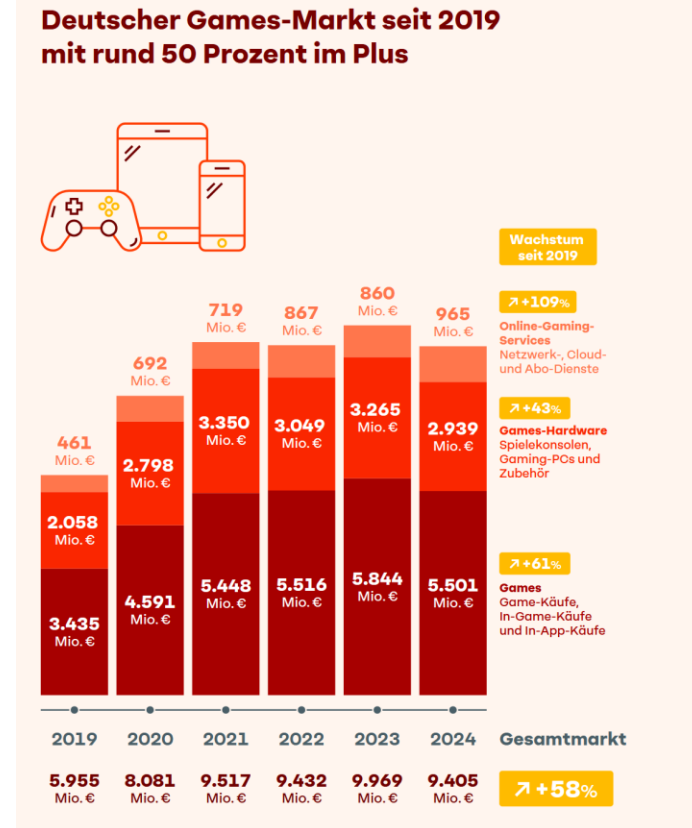
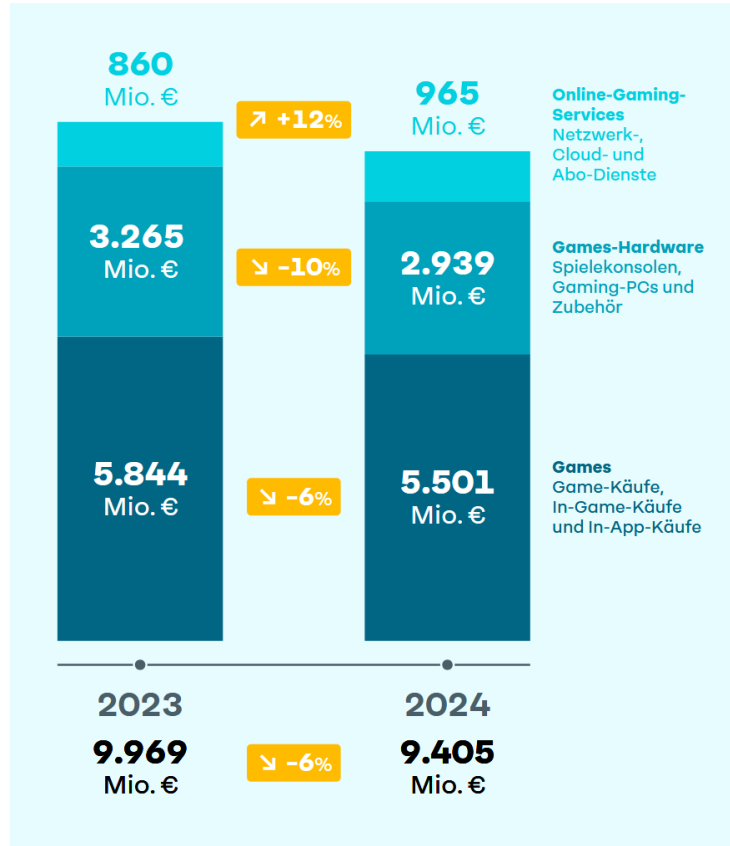
- Fernsehen(12,9M)
- Buch(9,5M)
- Zeitungen(8,0M)
- Zeitschriften(5,6M)
- Hörfunk(3,5M)
- Film(2,9M)
- Videospiele(1,9M)
- Musik(1,5M)

Umsatzerlöse in den einzelnen Marktsegmenten

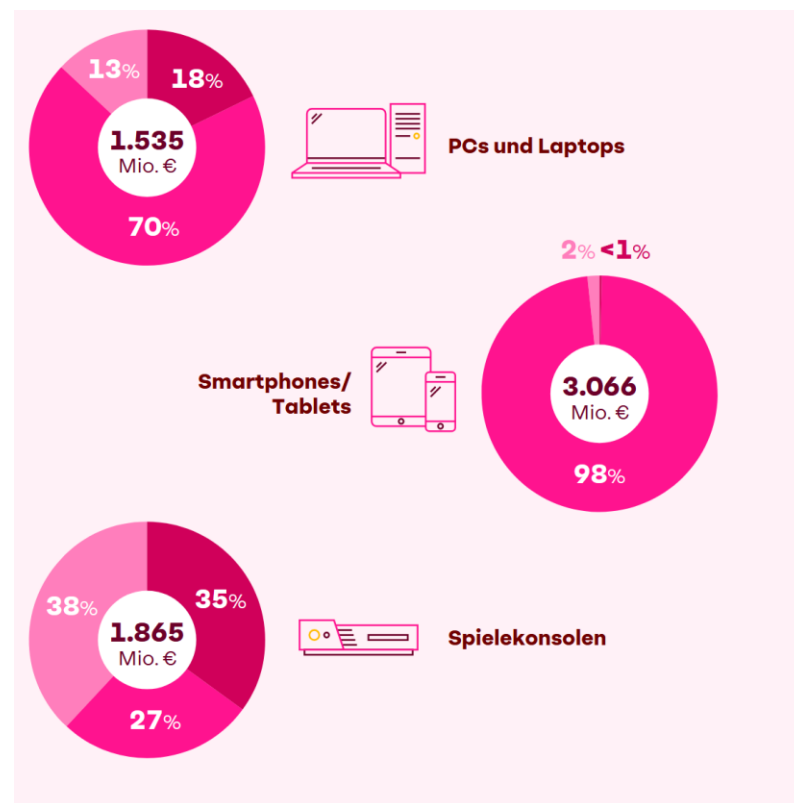
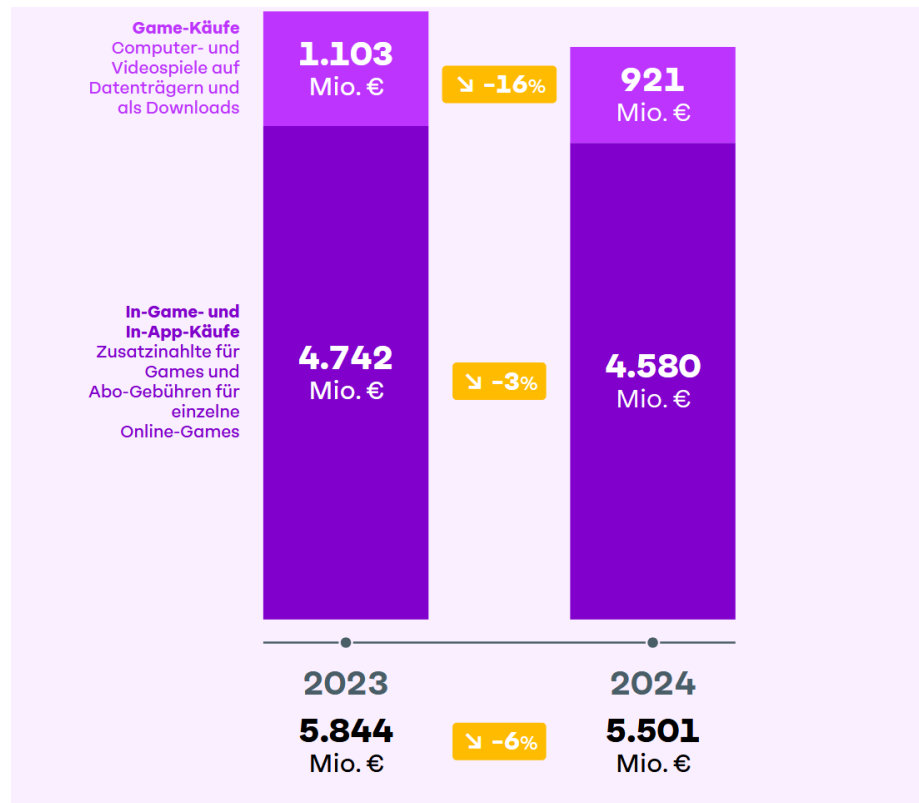
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Film (in Mio. €)	2.707	2.659	2.746	2.827	2.861	2.891	2.966
Veränderung (in %)		-1,7	3,3	3,0	1,2	1,1	2,6
Fernsehen (in Mio. €)	11.225	11.733	12.023	12.511	12.949	13.456	13.595
Veränderung (in %)		4,5	2,5	4,1	3,5	3,9	1,0
Musik (in Mio. €)	1.575	1.489	1.483	1.435	1.452	1.454	1.459
Veränderung (in %)		-5,4	-0,4	-3,2	1,2	0,1	0,3
Hörfunk (in Mio. €)	3.502	3.501	3.507	3.497	3.588	3.711	3.660
Veränderung (in %)		0,0	0,2	-0,3	2,6	3,4	-1,4
Außenwerbung (in Mio. €)	811	843	897	868	891	917	942
Veränderung (in %)		3,9	6,4	-3,2	2,6	2,9	2,7
Onlinewerbung (in Mio. €)	3.332	3.769	4.249	4.670	5.126	5.541	5.932
Veränderung (in %)		13,1	12,7	9,9	9,8	8,1	7,1
Internetzugang (in Mio. €)	10.161	10.657	11.926	12.869	13.475	13.893	14.383
Veränderung (in %)		4,9	11,9	7,9	4,7	3,1	3,5
Zeitschriften (in Mio. €)	5.750	5.832	5.824	5.690	5.609	5.504	5.412
Veränderung (in %)		1,4	-0,1	-2,3	-1,4	-1,9	-1,7
Zeitungen (in Mio. €)	8.588	8.673	8.692	8.441	8.076	7.796	7.635
Veränderung (in %)		1,0	0,2	-2,9	-4,3	-3,5	-2,1
Bücher (in Mio. €)	9.695	9.734	9.601	9.523	9.540	9.547	9.583
Veränderung (in %)		0,4	-1,4	-0,8	0,2	0,1	0,4
Videospiele (in Mio. €)	1.895	2.013	2.096	1.967	1.932	2.066	2.157
Veränderung (in %)		6,2	4,1	-6,2	-1,8	6,9	4,4
Umsatzerlöse der gesamten Marktsegmente (in Mio. €)	59.065	60.668	62.752	63.948	65.130	66.385	67.306
Veränderung (in %)		2,7	3,4	1,9	1,8	1,9	1,4

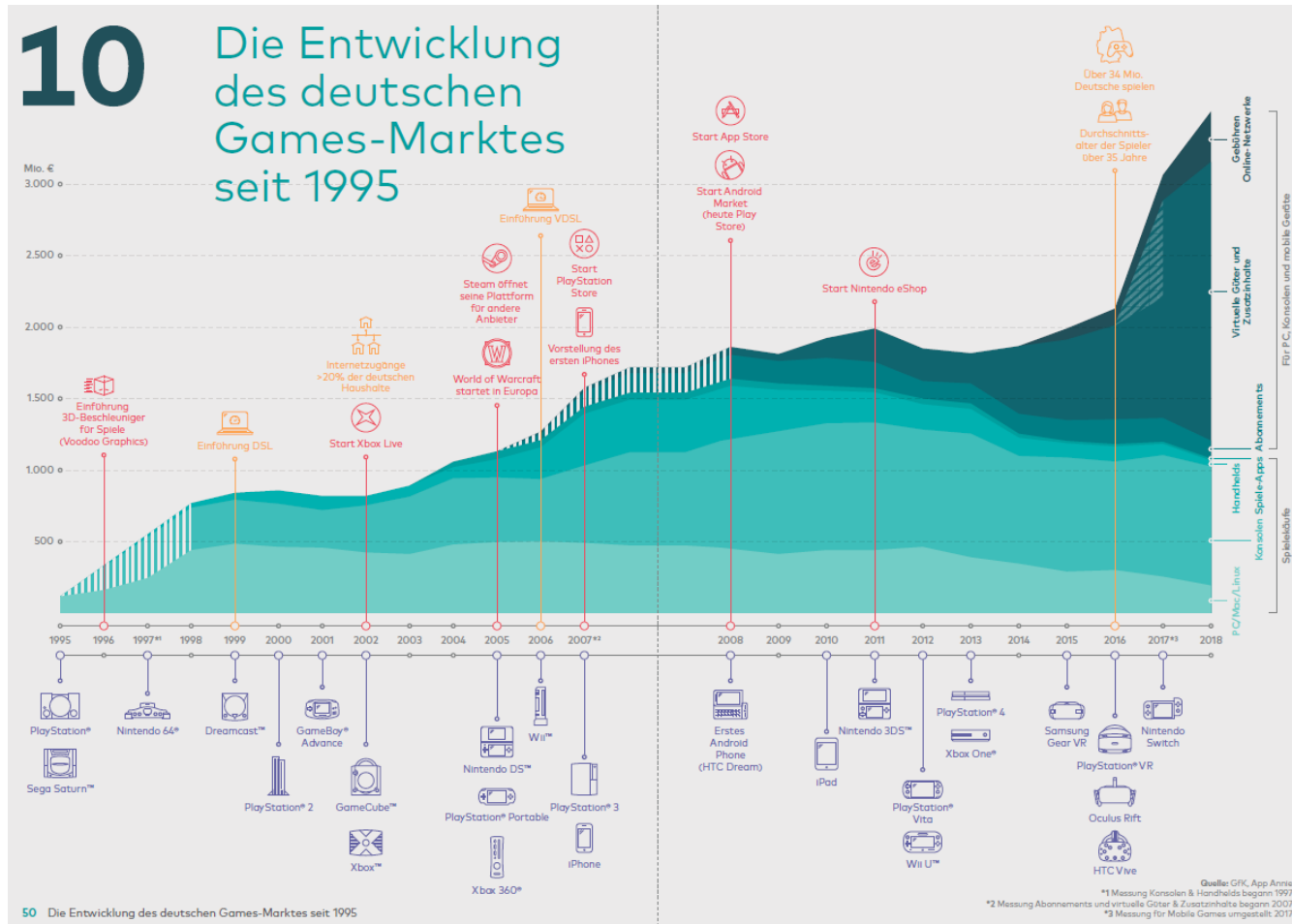
Quellen: FFA, BVV, ZAW, OVK, GfK-Gruppe, Bundesverband Musikindustrie, VDZ, IWW, Fachpresse-Verband, deutschen Buchhandels, PwC, Ovum.

Spielemarkt

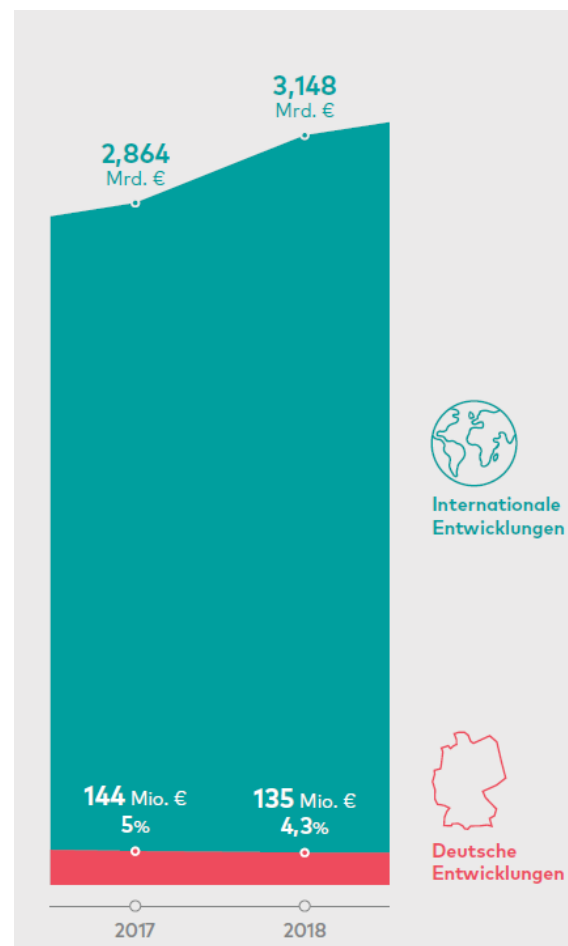


Faktencheck

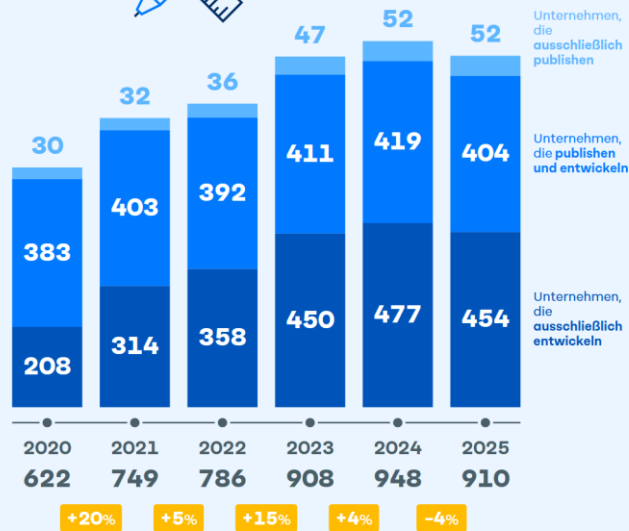
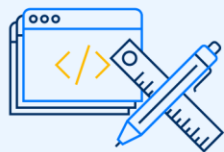




Faktencheck



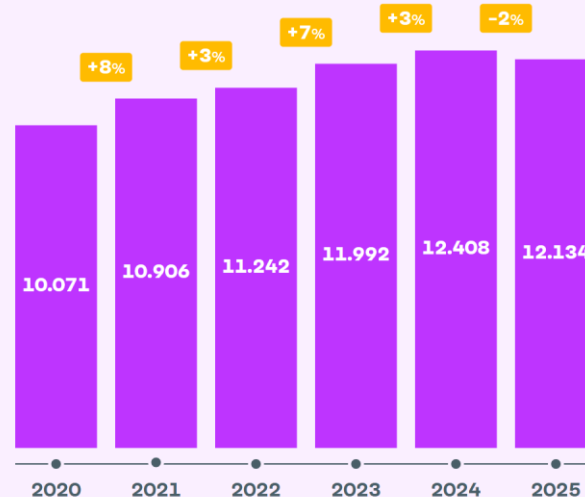
Anzahl der Games-Unternehmen in Deutschland erstmals seit Jahren gesunken



Deutsche Games-Unternehmen beschäftigen weniger Mitarbeitende als im Vorjahr



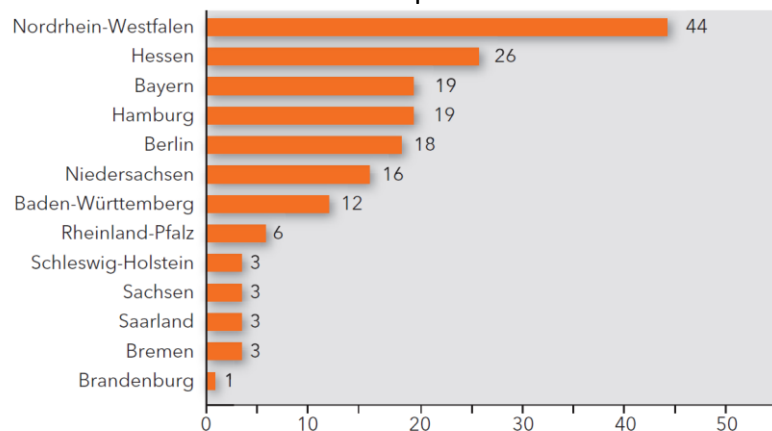
Beschäftigte bei Entwicklern und Publishern von Games



Videospielstandort Deutschland

- 910 Unternehmen, ca 11000 Beschäftigte
 - Kerngeschäft Entwickler und Publisher:
275 Betriebe (mit > 5 Angestellten)
6000 Beschäftigte
> 1500 offene Stellen (auf games-career.com)

Entwicklerstudios für Videospiele in Deutschland



[Quelle: mediabiz.de]

Die größten Games-Unternehmen in Deutschland

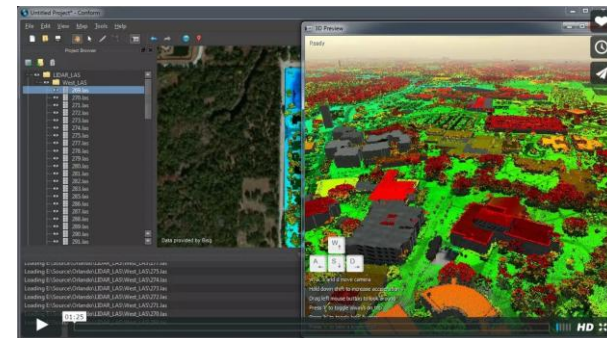
		Anzahl der Beschäftigten in Deutschland
1	Nintendo of Europe	Hessen 935
2	Ubisoft	Berlin, NRW, Rheinland-Pfalz 660
3	InnoGames	Hamburg 350
4	Crytek	Hessen 340
5	Wooga	Berlin 325
6	GAMEFORGE 4D	Baden-Württemberg 300
7	gamigo	Hamburg 253
8	Stillfront Germany	Hamburg 185
9	PLAION	Bayern 152
10	Kalypso Media Group	Rheinland-Pfalz 150
	Electronic Arts	Nordrhein-Westfalen 150
12	GameDuell	Berlin 130
13	Kallit Games	Berlin 115
14	Bigpoint	Hamburg 110
	KING Art	Bremen 110
16	Travian Games	Bayern 107
	vajers	Bayern 107
18	astragon Entertainment	Nordrhein-Westfalen 104
	softenbauer Software Entwicklung	Hessen 104
	YAGER Development	Berlin 100
20	ClipSoft	Bayern 100
	Klang Games	Berlin 100
	Sandbox Interactive	Berlin 100

Quelle: gamesbiz.de. Angaben sind sozialversicherungspflichtig und geringfügig Beschäftigte



[Quelle: games-career.com]

Mehr Argumente für Game Engineering



Mehr Argumente für Game Engineering

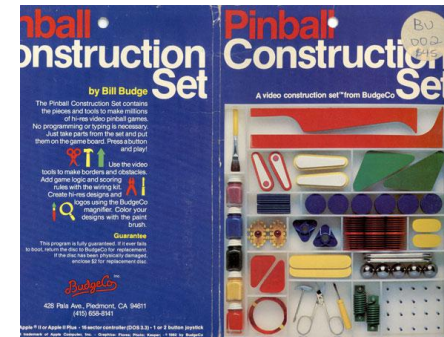
- Tools werden nicht nur in Spielen eingesetzt, sondern zunehmend auch in anderen Anwendungen
 - Serious Games
 - VR, AR
 - Mobile Apps
 - Kunst (Interaktive Installationen), Architektur
 - Forschung (z.B. Datenvisualisierung)
- Ähnliche Tools werden auch beim Film verwendet
 - Renderman (Pixar), Cinema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



[Quelle: Ilumens, 2013]

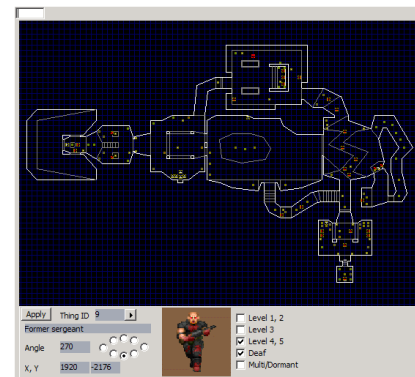
Spieleentwicklung - Prä-Historisches

- Ab ca 1977: Arcade-Spiele
 - Hardware sehr langsam
 - Spezialhardware
 - Zeitaufwändige Anpassung an Zielmaschine
=> Kaum Wiederverwendung von Code möglich
- Ab ca 1983: 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)

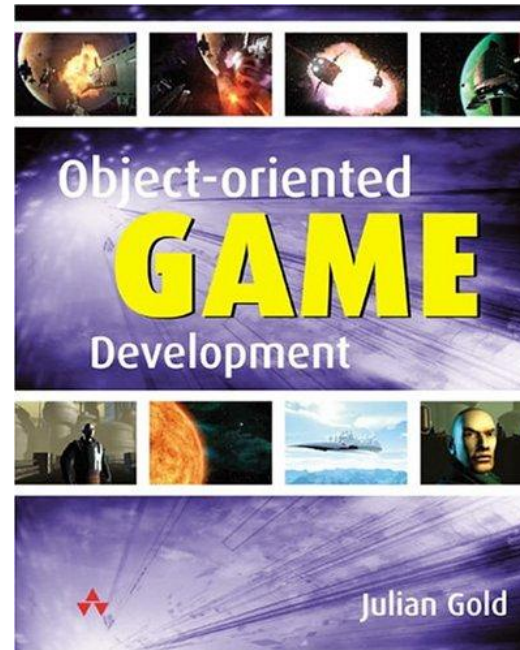


Historisches – Die Entwicklung bis heute

- 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)

Definition: Game Engine

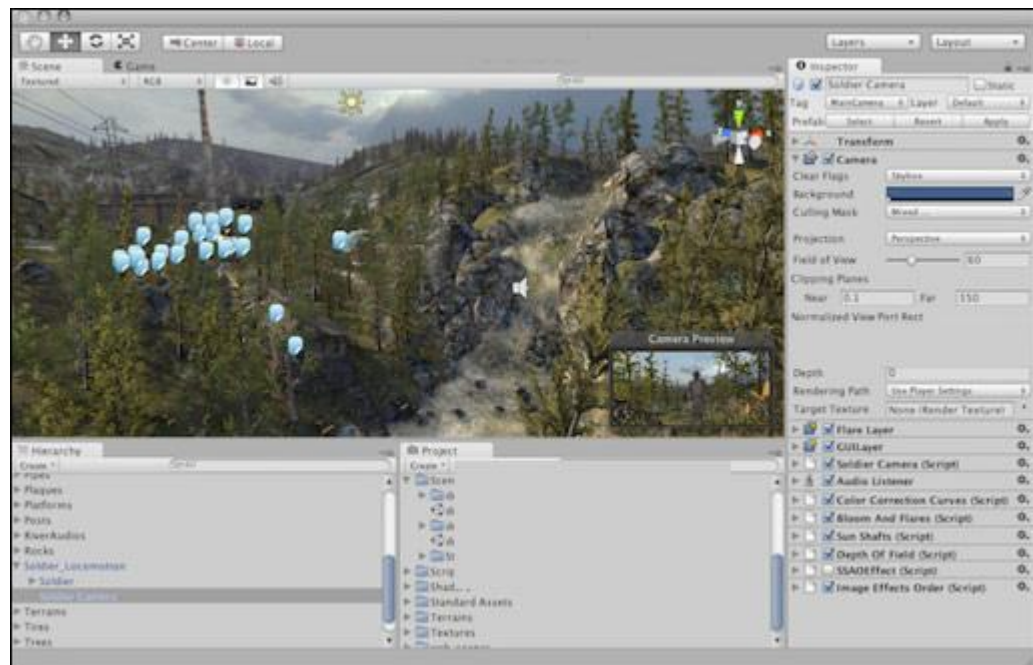
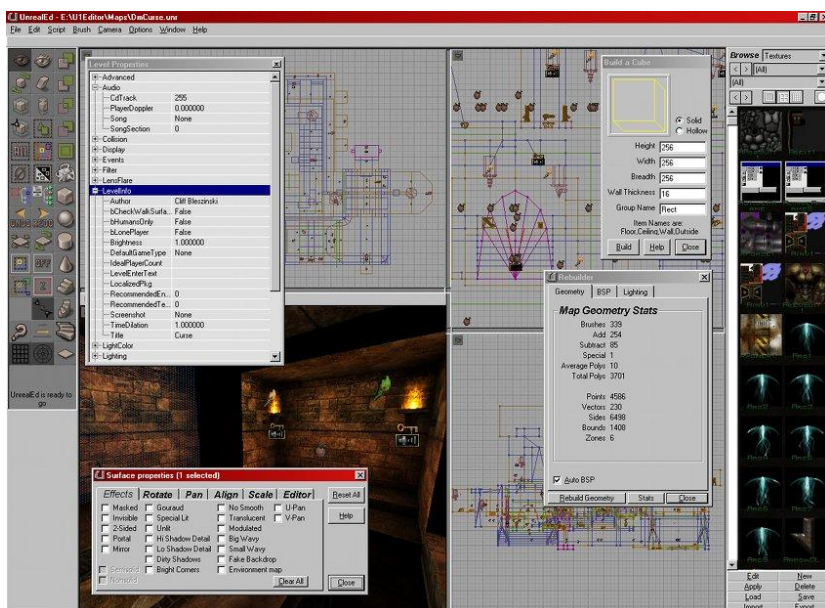
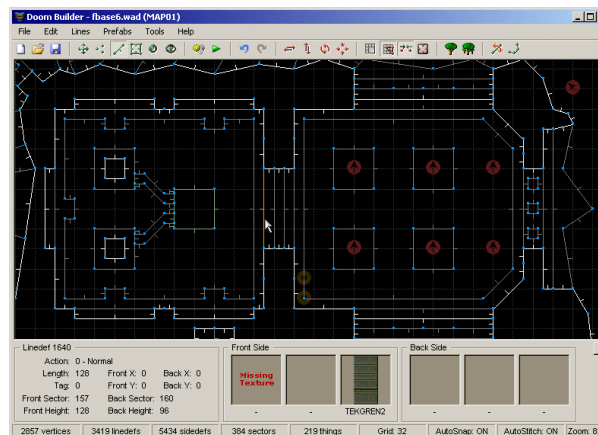
“A series of **modules** and interfaces that allows a development team to focus on produce *game-play content*, rather than *technical content*.” - **Julian Gold, Object-Oriented Game Dev.**



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

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

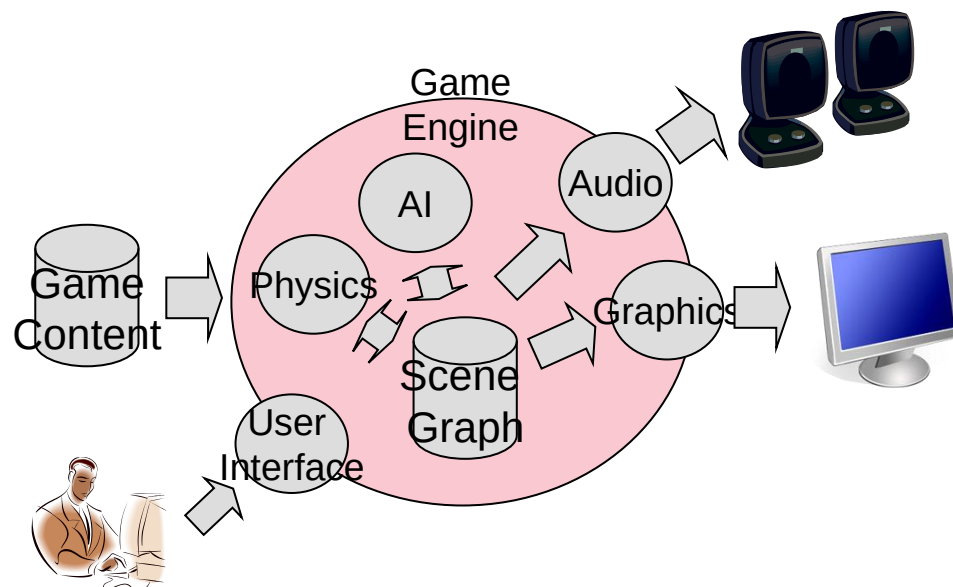


- Used cloc
- Only counting C, C++ and header files.

“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



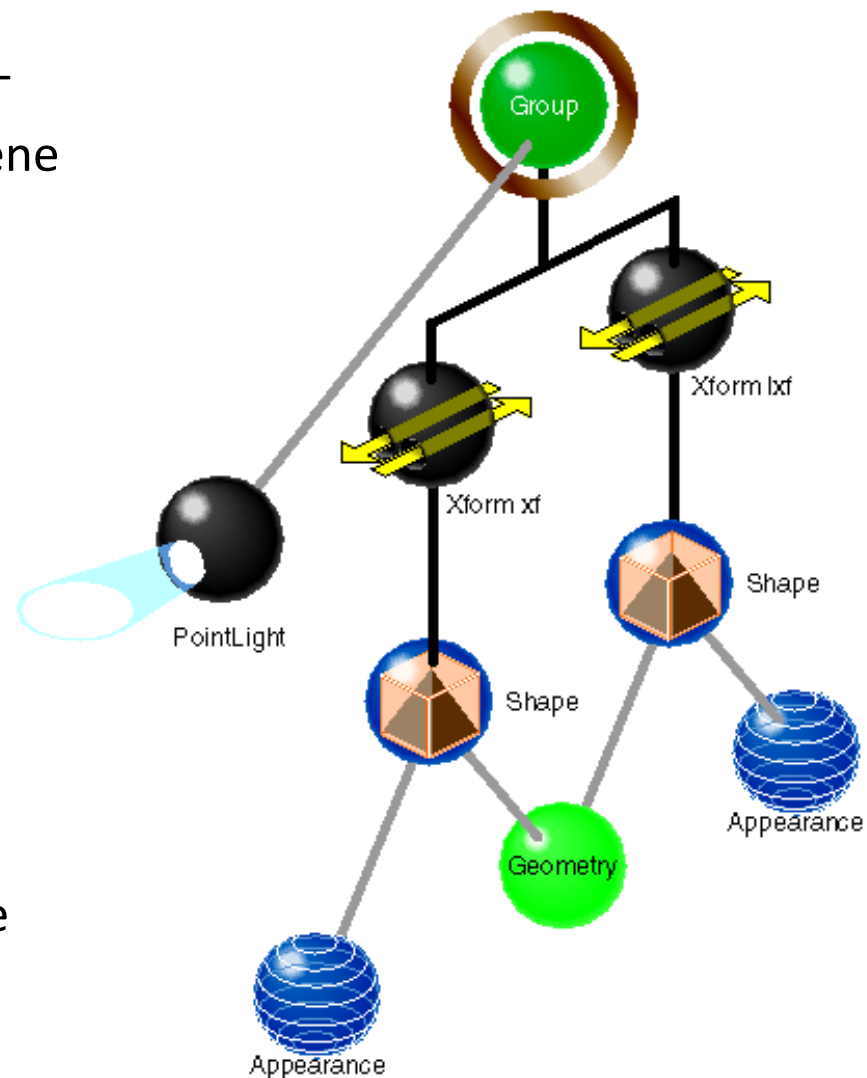
Rendering Engine: Renderer

- 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



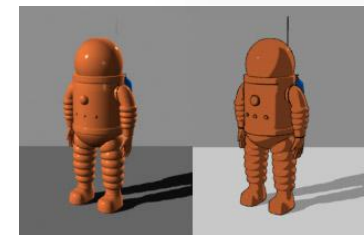
Rendering Engine: Szenengraph

- 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)



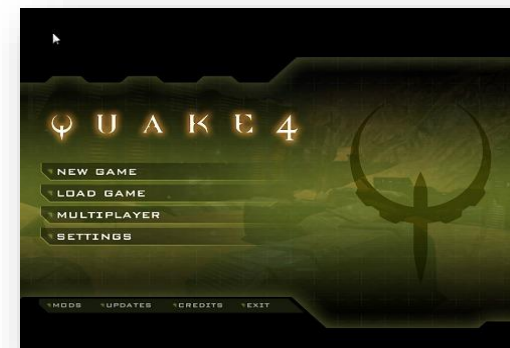
Rendering Engine: Visuelle Effekte

- 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

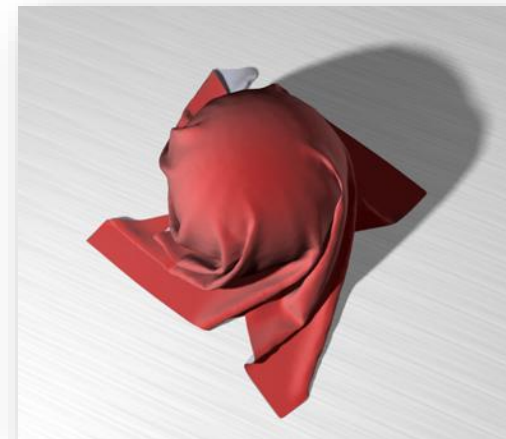
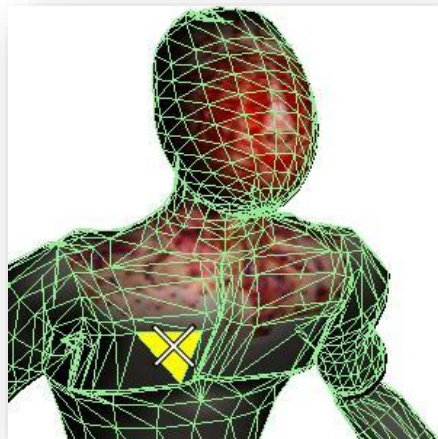


Rendering Engine: GUI

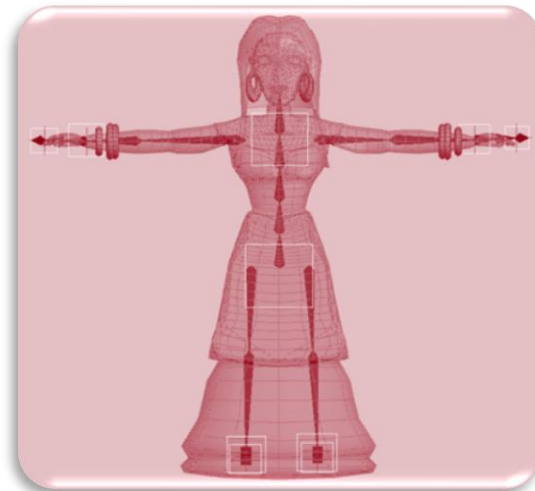
- Darstellung von 2D-Elementen
 - Z.B: Menus
 - Heads-Up-Display (HUD)
 - In-Game 2D-Benutzerinterfaces (z.B. Inventar)
 - Darstellung von Debugging-Informationen im Spiel



- 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

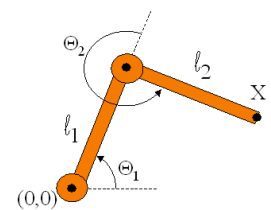


- Animation der Spielcharaktere
 - Meist Skelettanimation
 - Oft werden Daten unterstützt, die per Motion-Capturing gewonnen werden
- Überblenden einzelner Posen (Keyframes)
- Übertragen der Bewegung auf das darüberliegende Dreiecksnetz (Skinning)
- Teilweise auch inverse Kinematiken oder Forward Kinematiken



Inverse Kinematics

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



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

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

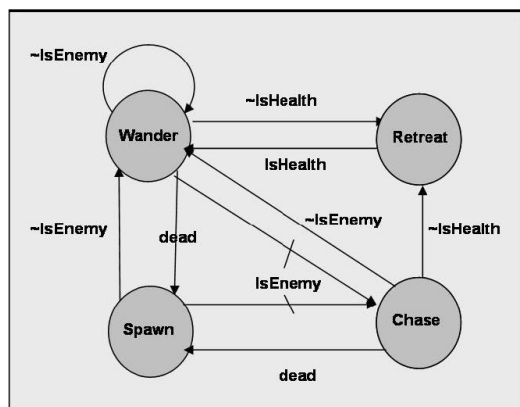
Sound

- 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,...)

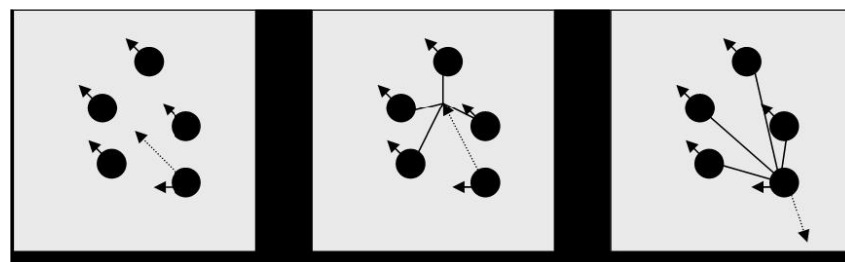
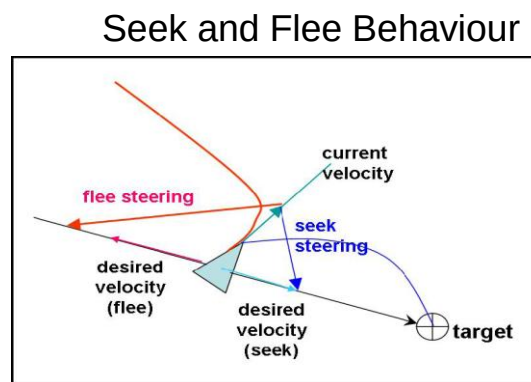


Künstliche Intelligenz (KI)

- 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

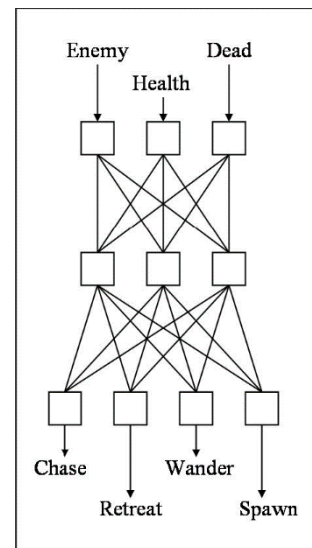


Finite State Automata



Flocking

Neural Network



Scripting

- 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)

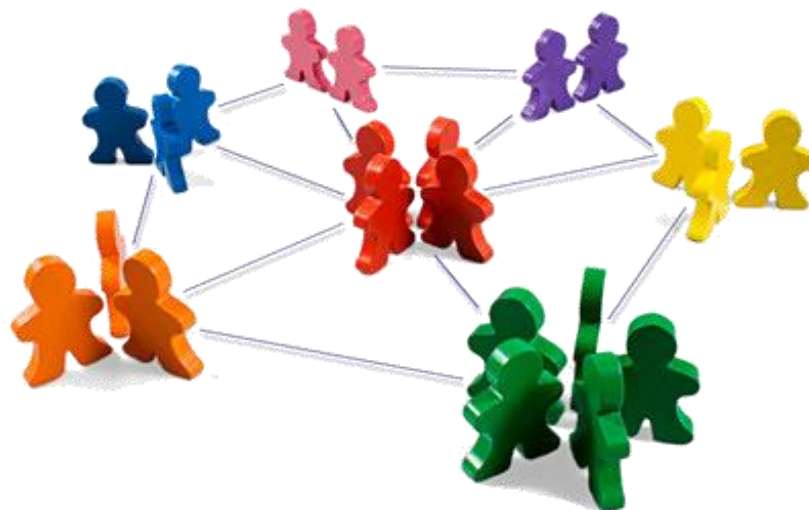


- Spiele unterstützen oft verschiedene Eingabegeräte
 - Keyboard und Maus
 - Gamepad
 - Spezialcontroller (Kinect, Lenkräder, Flighsticks, billige Plastikgitarrenimitate mit vier bunten Knöpfen, Wii Fit Board,...)
- Dieses Modul abstrahiert das Mapping von logischen Spielfunktionen und dem physikalischen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



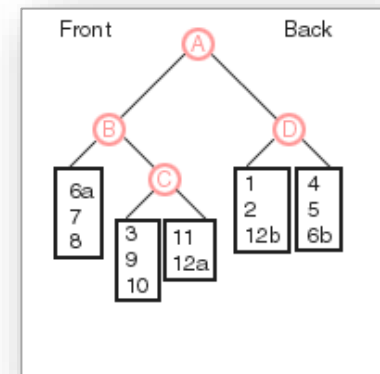
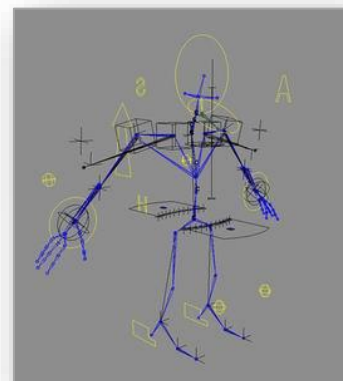
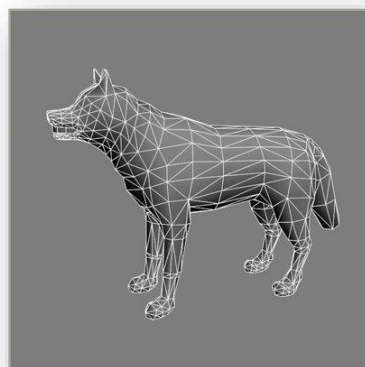
Netzwerkfunktionen

- 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



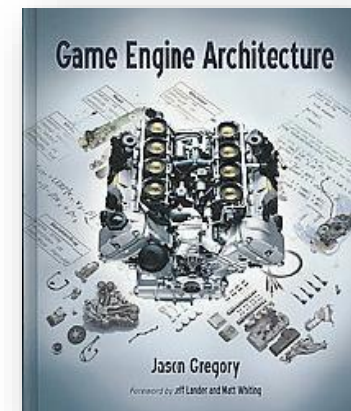
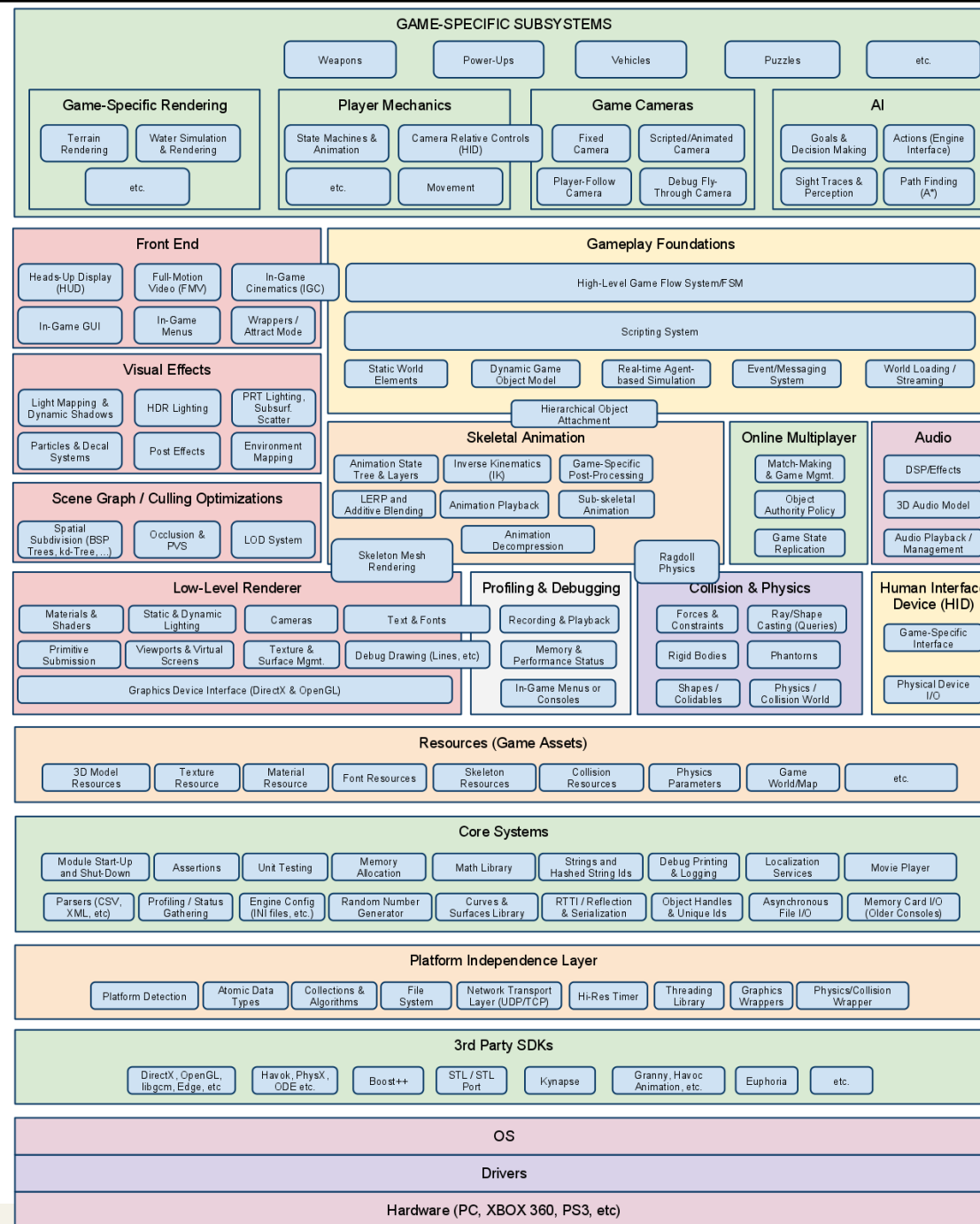
Ressourcen-Manager

- 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.

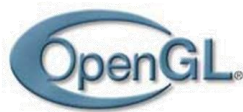
Die Game-Loop

- 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?



“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					
Search ...		Any Status ▼	Any Licence ▼	Search	Reset
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



open scene graph

Extensible IDEs

- 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

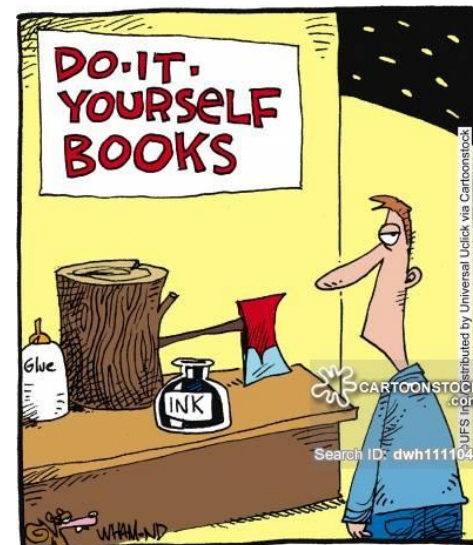


DIE “beste” Engine gibt es nicht

- Die Auswahl der Engine für ein bestimmtes Projekt ist immer sehr situationsabhängig
- Einige wichtige Auswahlkriterien
 - Plattform, Programmiersprache
 - Kosten
 - Spezielle technische Features
 - Vorerfahrung mit der Engine
 - Support
 - Böartige Vorgaben durch den Dozenten

Vielleicht 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



Warum Unreal Engine in dieser Vorlesung?

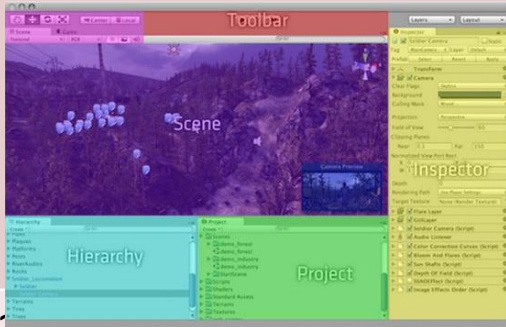
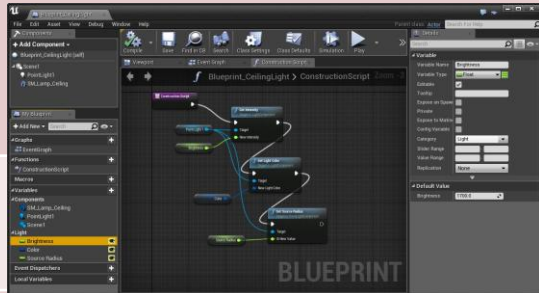


- Bietet sowohl GUI-orientierte Entwicklung als auch Quellcode
 - Leichterer Einstieg als beispielsweise mit C4
 - Mehr Kontrollmöglichkeiten als Unity
- Programmierung in C++
 - Nach wie vor Goldstandard im Bereich der Spieleentwicklung, schon aus Performancegründen
 - Objektorientierte Programmierung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



VS



	Unity	Unreal
Plattform	Windows PC, Mac OS X, Linux, Web Player, WebGL, VR(including Hololens), SteamOS, iOS, Android, Windows Phone 8, SMART TVs, as well as Xbox One & 360, PS4, Playstation Vita, and Wii U	Windows PC, Mac OS X, iOS, Android, VR, Linux, SteamOS, HTML5, Xbox One, and PS4
Code	JavaScript, C#, Boo (kein graphischer Script-Editor)	Blueprint, C++
Editoren		
Graphik	2D/3D	Nur 3D. Mehr Features

Abschließende Bemerkung

- Ziel der Übungen (und dieser Vorlesungsstunde) ist es nicht, EINE Game Engine (in unserem Fall der  Engine) bis ins kleinste 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