

Echzeit Darstellung

Echtzeit-Typ	Eigenschaften
Harte Echtzeit	Zeitlimits zwingend, Systemfehler bei Verpassen.
Weiche Echtzeit	Kleine Abweichungen erlaubt, Leistung sinkt bei Überschreitung.

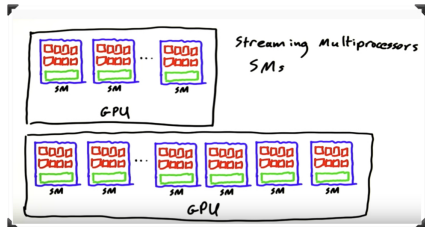
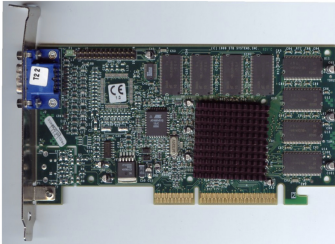
Echzeit Darstellung

Standard: 60 Frames pro Sekunde bei einer Bildschirmauflösung von $4K = 3840 \times 2160$ Pixel. D.h. 497.664.000 Farbwerte müssen pro Sekunde berechnet und an das Ausgabegerät geschickt werden. Kombination von Soft- und Hardware nötig.

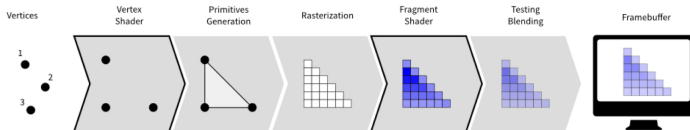
GPU-Klasse	FP32-Leistung	FP64-Leistung
Einsteiger- / Mittelklasse	2 - 10 TFLOPS	0,1 - 1 TFLOPS
High-End-Gaming	10 - 25 TFLOPS	0,5 - 2 TFLOPS
Workstation- / AI-GPUs	20 - 40 TFLOPS	5 - 20 TFLOPS
Spezialisierte Hochleistung	Mehrere 100 TFLOPS	Mehrere 20+ TFLOPS

- **Architektur:** Viele einfache Rechenkerne in *Streaming Multiprocessors (SM)*, optimiert für parallele Berechnung.
- **Speicherhierarchie:**
 - *Global Memory (VRAM)*: Großer, langsamer Speicher für die gesamte GPU.
 - *Shared Memory*: Schneller Zwischenspeicher pro SM.
 - *Register*: Klein, extrem schnell, lokal pro Kern.
- **SIMD-Prinzip:** Gleiche Operation auf mehrere Daten gleichzeitig (Single Instruction, Multiple Data).
- **Thread-Modell:** Threads in *Thread-Blocks* organisiert, diese in einem *Grid*.
- **Spezialisierte Hardware:** Rasterisierung, Texturierung und Shading für Grafikoperationen.

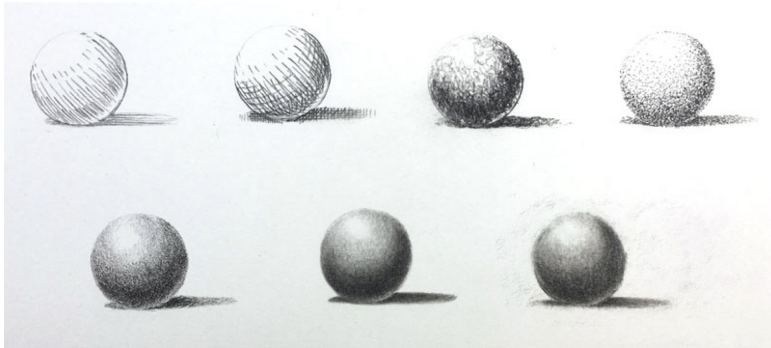
GPU



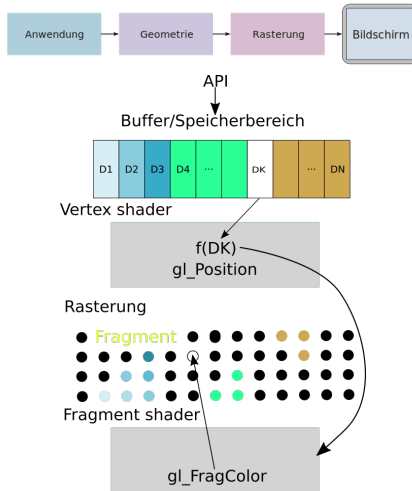
Vertex und Fragmentshader



Shader=Schattierer



Shaderprogramm



```
<script id="2d-vertex-shader" type="x-shader/x-vertex">
    attribute vec2 a_position;
    uniform float t;
    varying float T;
    void main() {
        // gl_Position = vec4(a_position, 0.0, t);
        T = t;
        gl_Position = vec4(a_position[0], a_position[1], 0.0, 1.0);
    }
</script>

<script id="2d-fragment-shader" type="x-shader/x-fragment">
    precision mediump float;
    varying float T;
    void main() {
        gl_FragColor = vec4(0.0 ,1.0,0.0,1.0);
    }
</script>
```


Animation

Bewegungsabläufe werden durch eine Abfolge von statischen Bildern erzeugt, die so schnell nacheinander angezeigt werden, dass im Gehirn der Eindruck einer kontinuierlichen Bewegung entsteht. Diese Abfolge von Bildern wird als Frames bezeichnet. Die Illusion einer flüssigen Bewegung wird durch ein Phänomen in unserem visuellen System erzeugt, das als "Bewegungs-Nachbilder" oder auch "Persistence of Vision" bekannt ist.

- **Illusion im Gehirn:**

- **Nachbilder im Auge:** Bilder verbleiben kurzzeitig auf der Netzhaut (ca. 1/25 Sekunde).
- **Verarbeitung im Gehirn:**
 - Aufeinanderfolgende Bilder werden kombiniert.
 - Übergänge werden als kontinuierliche Bewegung interpretiert.
- **Bewegungswahrnehmung:** Spezialisierte Neuronen erkennen Bildunterschiede als Bewegung.

- **Bildrate (Frames per Second, FPS):**

- **Unter 12 FPS:** Einzelbilder werden als ruckartig wahrgenommen.
- **Ab 24 FPS:** Flüssige Bewegung, typisch für Filme.
- **60 FPS:** Realistische Darstellung, z.B. in Computerspielen.

Chronofotografie

Die Chronofotografie (auch Fotochronografie) bezeichnet die fotografische Dokumentation von Bewegungen oder Prozessen, heute hauptsächlich als Hochgeschwindigkeitsfotografie.

Chronofotografie

In der Entwicklung der Fotografie wurden in den 1870er und 1880er Jahren durch empfindliche Photomaterialien und schnelle Kameraverschlüsse sogenannte Augenblicks- oder Momentfotografien möglich, Aufnahmen bewegter Objekte.

Chronofotografie

Muybridge gelang 1878 der Nachweis, dass ein Pferd im Galopp kurzzeitig mit allen vier Hufen vom Boden abhebt. Diese frühen Serienaufnahmen lieferten wichtige Impulse für die Entwicklung der bewegten Bilder und waren damit auch Vorläufer des Kinofilms.

