Was macht den Raytracer so schnell?

Surface Area Heuristic

Traversieren der BVH mit **OpenCL**

Perfect Hemisphere Scattering

Surface Area Heuristic

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Problem: Wie teilt man das 3D-Modell auf?

Idee: **Alle** möglichen Split-Punkte an **jeder** Achse mit Kostenfunktion c traversieren, min(c) verwenden

c richtet sich nach **Flächeninhalt**, der entstehen würde

Jede Iteration liefert dann genau **einen** optimalen Punkt, an dem gesplittet werden sollte

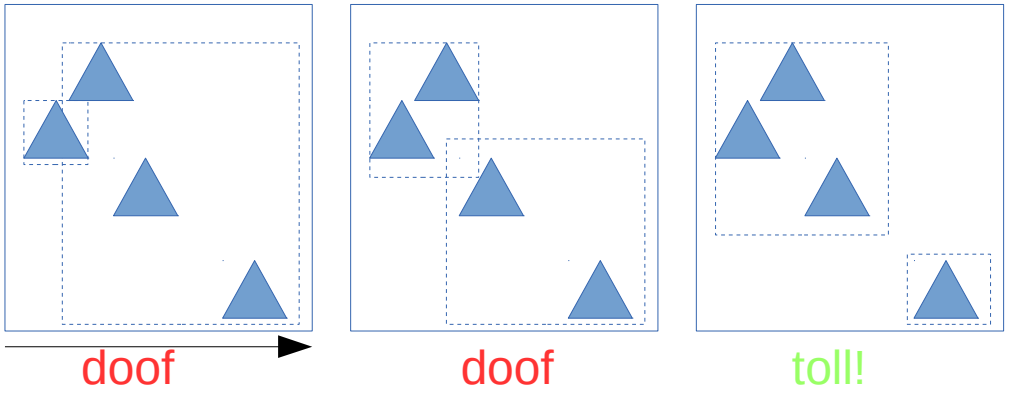
Dauert zwar Ewigkeiten, erzeugt jedoch **effiziente** Bäume, da nicht mit x-, y- oder z-Achse gewichtet und wenige Schnitttests (**Flächeninhalt** hängt mit **Schnittwahrscheinlichkeit** zusammen)

Surface Area Heuristic (SAH)

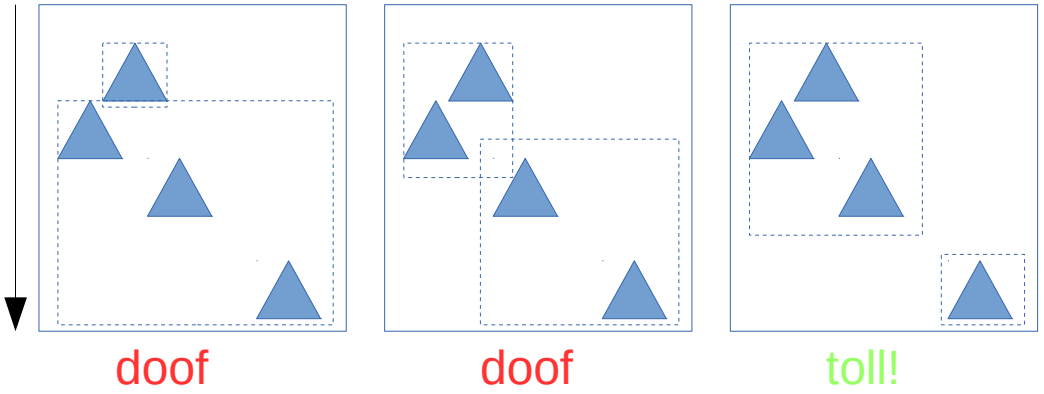
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Beispiel: ...nur in 2D :'(

Sort an **X-Achse**:



Sort an **Y-Achse**:



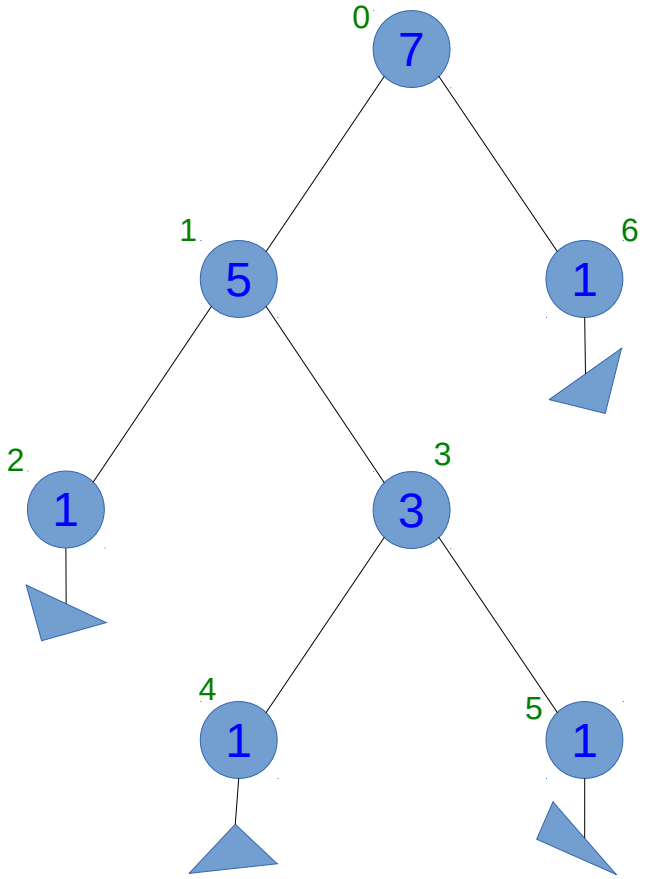
nur zufällig dieselben

→ Speedup von ~1.5 bei `Sibenik`

Traversierung der BVH in OpenCL

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Binärbaum:



NodeCount (blau) repräsentiert die Größe des Unterbaums inklusive sich selbst

Index (grün) repräsentiert die Position des Nodes im Array

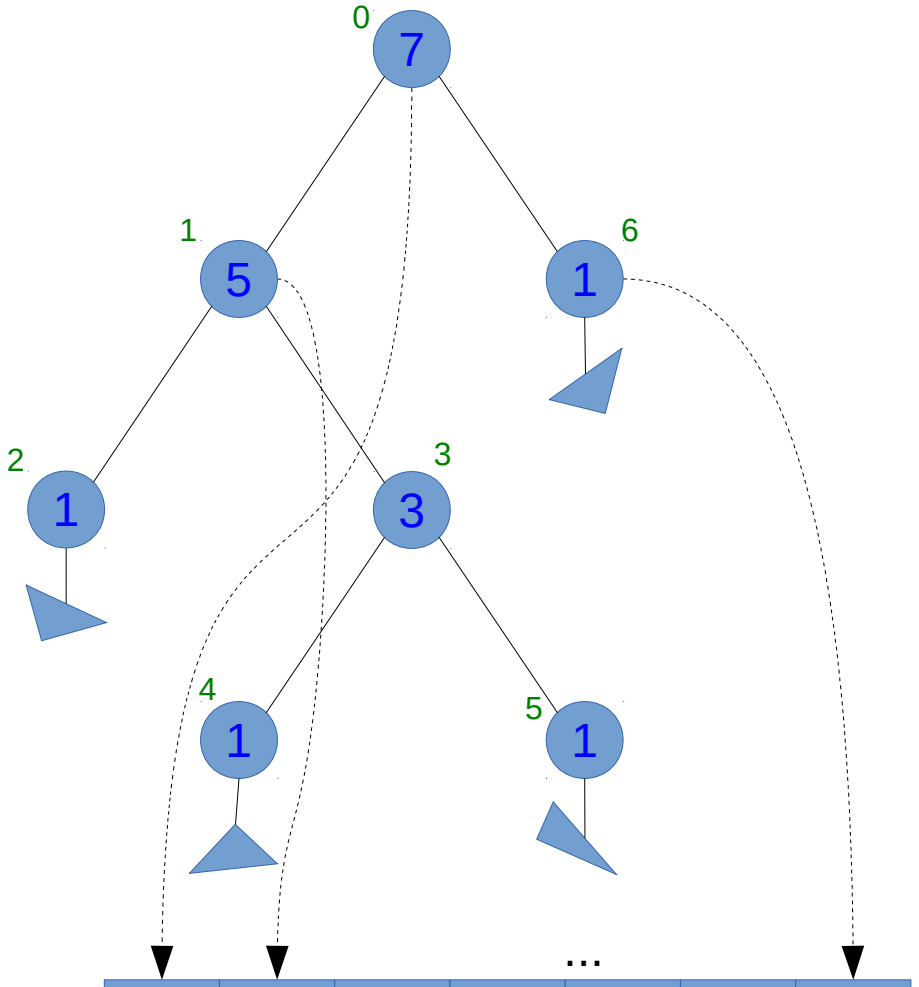
Wir legen fest:
Nur **ein** Dreieck pro Leaf!
→ Berechnungen einfacher

Man erkennt:
Ein Leaf hat immer die Größe 1!

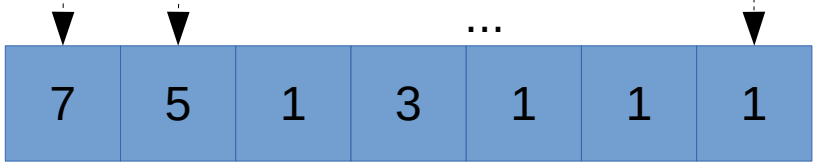
Traversierung der BVH in OpenCL

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Binärbaum:



“flach” in einem Array:



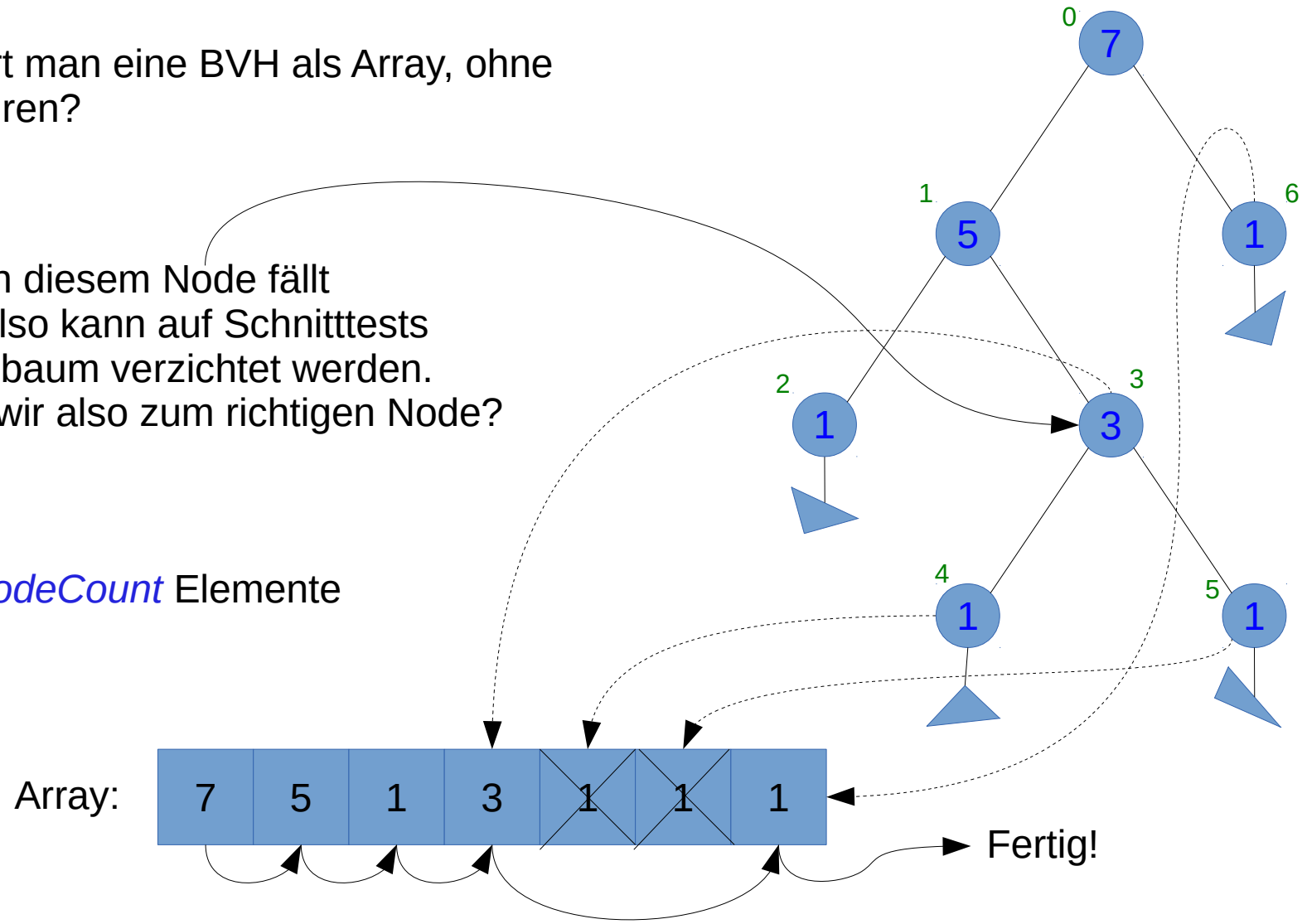
Traversierung der BVH in OpenCL

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Problem:
Wie traversiert man eine BVH als Array, ohne explizite Children?

Beispiel:
Schnitttest an diesem Node fällt negativ aus, also kann auf Schnitttests mit dem Unterbaum verzichtet werden.
Wie springen wir also zum richtigen Node?

Lösung:
Sprung um *nodeCount* Elemente



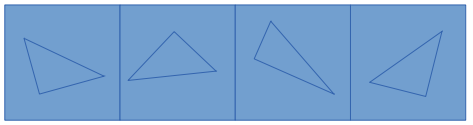
3 Elemente springen

Traversierung der BVH in OpenCL

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Triangles werden in separatem Array gespeichert, weil sonst jeder Node einen Platz für ein Triangle bereithalten müsste

Array der Triangles
= sortierte FaceIDs:



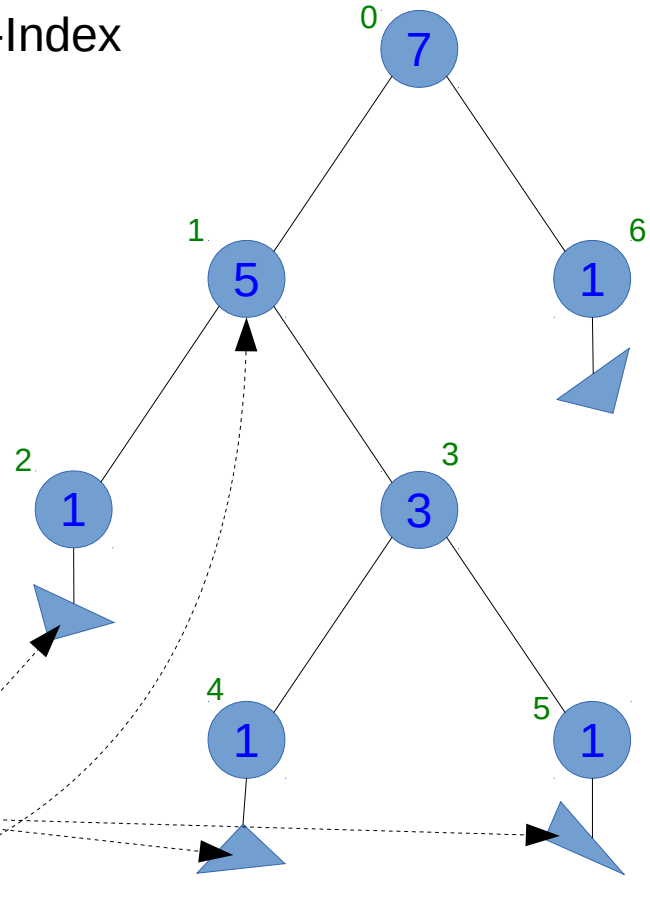
Wenn wir ein Leaf entdecken, inkrementieren wir den Triangle-Index

Problem:
Was passiert, wenn wir einen Unterbaum überspringen?

Lösung:
Wir errechnen, wie viele Leaves in dem zu überspringenden Node enthalten sind und addieren sie auf den Triangle-Index:

Anzahl der Triangles pro Node:
(nodeCount + 1) / 2

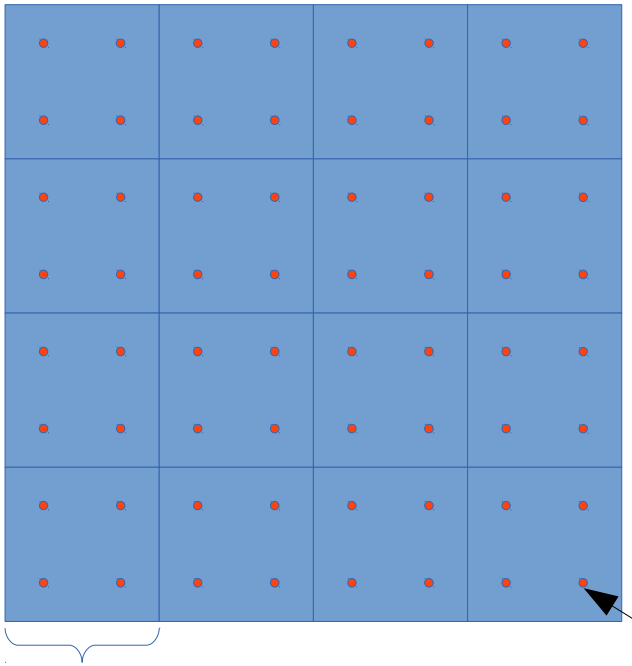
Beispiel:
Node #1 hat (5 + 1) / 2 = 3 Triangles



Supersampling

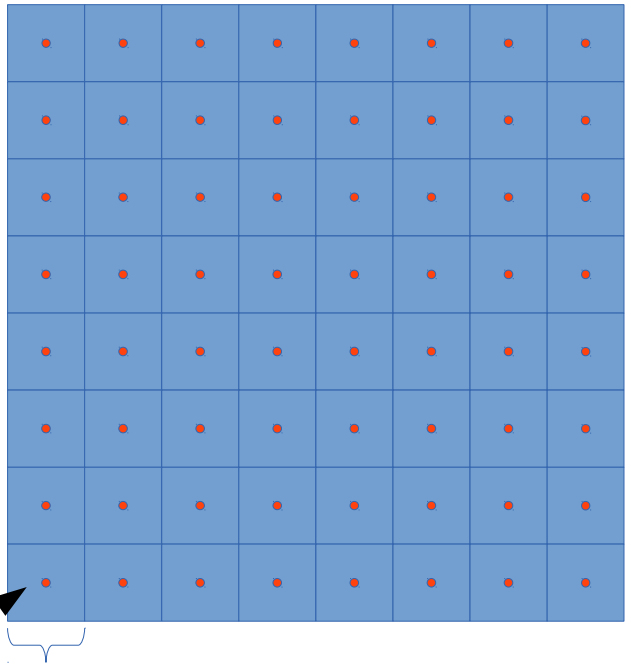
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Normales Supersampling (vierfaches Supersampling)



Vier Subpixel werden berechnet und dann der Durchschnittswert berechnet

Zu groß rendern (einfaches Supersampling)



Jeder Subpixel wird als eigener Pixel betrachtet

ray

→ **Bild wird zu groß:** hier 8×8 statt 4×4 px

→ Einfach am Ende verkleinern, gleiches Resultat!

Perfect Hemisphere Scattering

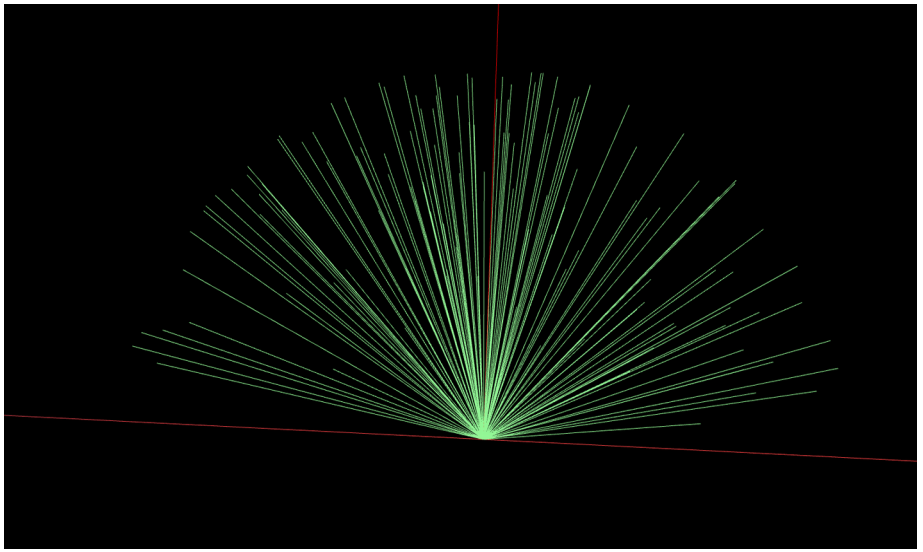
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

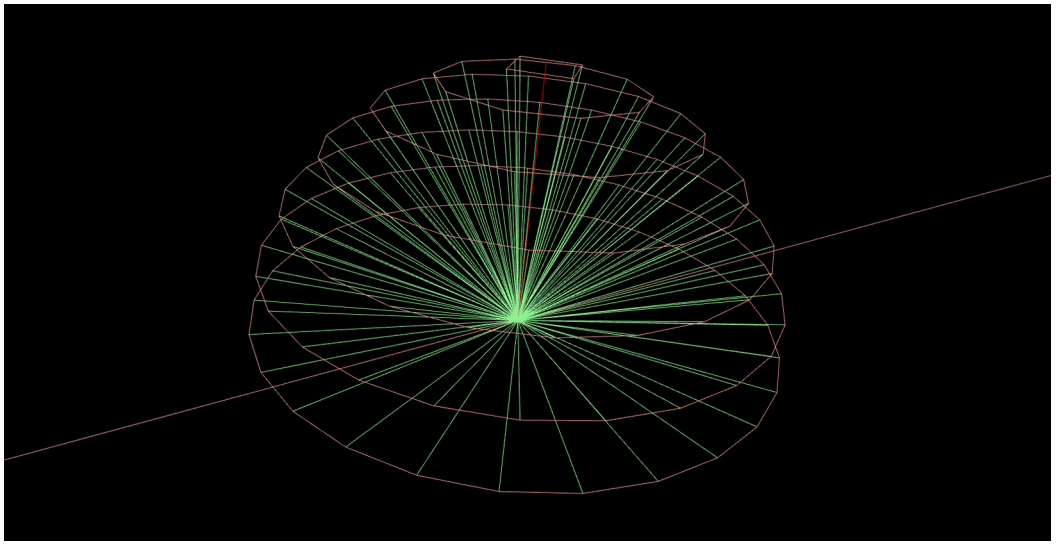
Problem: Hemisphere-Sampler ist lahm und Strahlen werden gewichtet! :(

Grund: Mangelhafte *Pseudorandom*-Implementierung: Muss zunächst einen halbwegs akzeptablen *Randomwert* erzeugen.

Lösung: Vektoren entlang der Hemisphere gleichverteilen

Durch Ringe parametrisiert, Gewichtung der resultierenden Vektoren ist nun **umgekehrt proportional zur Höhe des Rings** in der Hemisphäre, da untere Ringe einen **höheren Radius haben** (und somit einen größeren Projektionskegel)

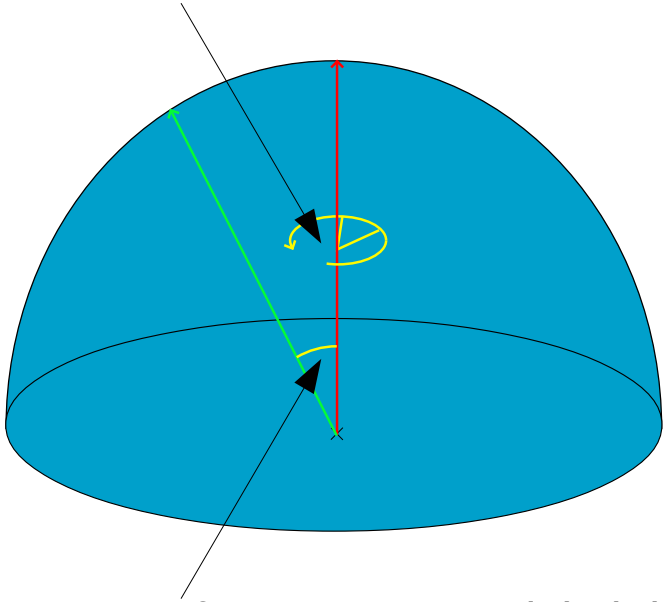


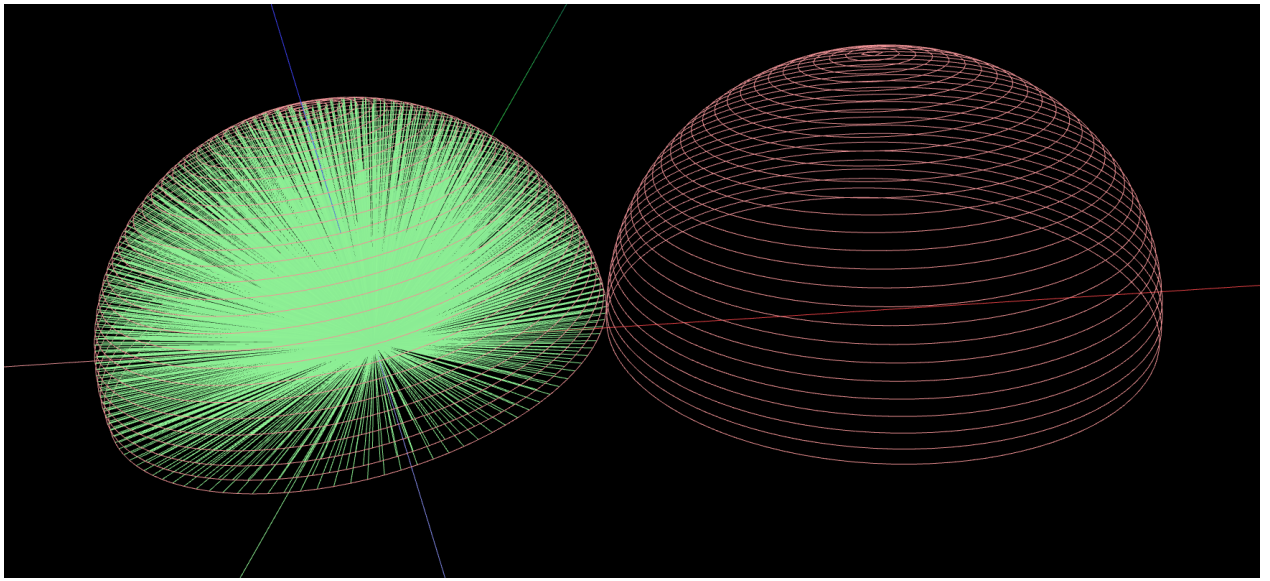


Perfect Hemisphere Scattering

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Analyse des mitgelieferten Hemisphere-Samplers:
  - Generiert zwei *Zufallszahlen*, die in zwei Winkel umgerechnet werden:
    - φ: Rotationswinkel um die Normale





    - θ: Krümmungswinkel der Normalen in Richtung des Großkreises

Perfect Hemisphere Scattering

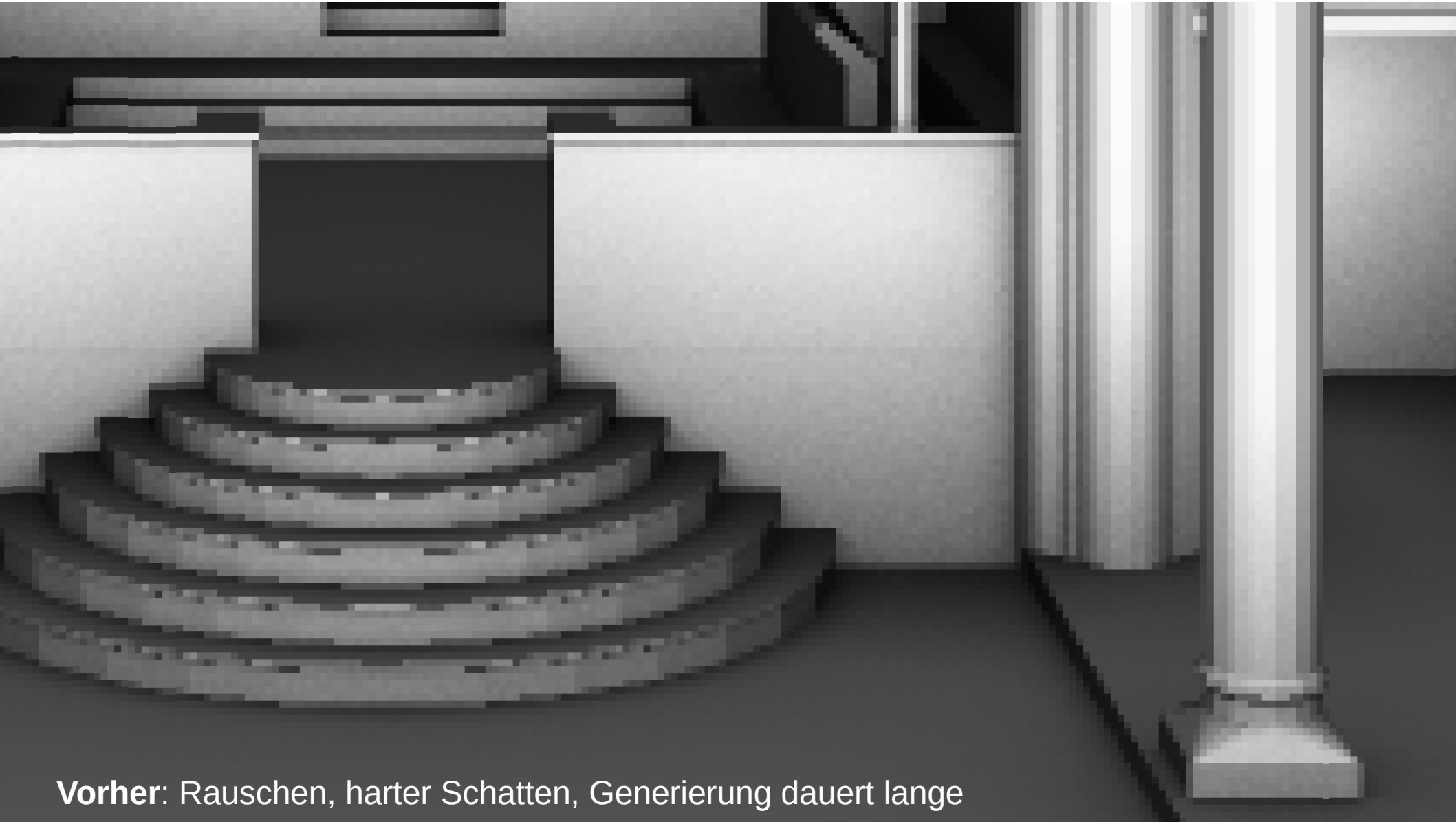
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- **Idee**: Algorithmus finden, der φ und θ so bestimmt, dass eine gleichmäßige Hemisphäre entsteht
- → ***n*** Ringe R_i mit $1 \leq i \leq n$ in gleichen vertikalen Abständen auf der Hemisphäre stapeln
- → Für jeden Ring k_i Rays v_j mit $1 \leq j \leq k_i$ erstellen (Pseudocode: *rayCount*)

```
for (uint currentCircle = 0; currentCircle < circleCount; ++currentCircle) {
    // Angle of each vertical step
    float const stepAngleRad = alpha_max / circleCount;
    // “Horizontal" angle
    float const angleRad = (stepAngleRad * currentCircle) + alpha_min;
    uint const rayCount = (uint) ((2.0f * M_PI * cos(angleRad)) / stepAngleRad);
    float const theta = M_PI_2 - angleRad;
    for (uint currentRay = 0; currentRay <= rayCount; ++currentRay) {
        float const phi = (2.0 * M_PI * currentRay) / rayCount;
        // Use phi and theta here
    }
}
```

Perfect Hemisphere Scattering

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



Vorher: Rauschen, harter Schatten, Generierung dauert lange

Perfect Hemisphere Scattering

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Nachher: Kein Rauschen, weicherer Schatten, schnell \(·◡·)/

ZEIGT UNS JETZT DEN CODE!!!!111 (ﾉ °□°)ﾉ (┻━┻

GitHub:
https://github.com/magcks/opencl_raytracer

Mitwirkende:

@kdex, @magcks