

Figure 1

Software-Projekt

**Raytracer**

Florian Bertscher, Christian Kasper, Lukas Jeckle,

Leon Musliu, Dennis Welsch

Team: RayForge

Winter Semester 2024/25

Technische Hochschule Ulm

Software-Projekt

Prof. Dr. R. Lunde

Table of Contents

[1. Kontextanalyse 3](#_Toc181033088)

[1.1 Einleitung 3](#_Toc181033089)

[1.2 Motivation 3](#_Toc181033090)

[1.3 Vision 3](#_Toc181033091)

[1.4 Projektkontext 4](#_Toc181033092)

[2. Anwendungsdomäne 5](#_Toc181033093)

[3. Domänenmodell 6](#_Toc181033094)

[4. Anforderungsdefinition 7](#_Toc181033095)

[4.1 Funktionale Anforderungen 8](#_Toc181033096)

[4.2 Nicht funktionale Anforderungen 10](#_Toc181033097)

[5. Anwendungsfälle 12](#_Toc181033098)

[6. Abläufe 12](#_Toc181033099)

[7. Benutzerschnittstellen 12](#_Toc181033100)

[8. Graphische Gestaltung und Nutzungskonzept 14](#_Toc181033101)

[8.1 Hauptbildschirm 15](#_Toc181033102)

[8.2 Einstellungen 20](#_Toc181033103)

[9. Sources 24](#_Toc181033104)

[9.1 Contents 24](#_Toc181033105)

[9.2 Images 24](#_Toc181033106)

1. Kontextanalyse
   1. Einleitung

In der modernen Computergrafik sind realistische Licht- und Schatteneffekte sowie Reflexionen von zentraler Bedeutung. Ziel dieses Softwareprojekts ist die Entwicklung eines leistungsfähigen Raytracers, der benutzerdefinierte 3D-Szenen verarbeitet und nahezu fotorealistische Bilder erzeugt. Durch die systematische Durchführung des Projekts können die Teammitglieder praktische Erfahrungen in allen Phasen der Softwareentwicklung sammeln. Dabei stehen die Vertiefung der Kenntnisse in Anforderungsmanagement, Design, Implementierung und Test im Vordergrund. Das Projekt fördert zudem Teamarbeit und Kommunikationsfähigkeiten in einem Team von 6-8 Personen. Dieses Lastenheft legt die Anforderungen fest, um die technischen und organisatorischen Ziele erfolgreich zu erreichen.

* 1. Motivation

Nach wochenlanger Planung und strategischer Überlegung ist es unser Ziel, in den Jahren 2024/25 einen leistungsfähigen Raytracer zu entwickeln. Dieses Projekt wird es uns ermöglichen, als Team zusammenzuarbeiten und dabei die individuellen Stärken jedes Mitglieds zu nutzen. Durch den Austausch von Wissen und Erfahrungen werden wir nicht nur unsere Fähigkeiten erweitern, sondern auch den Zusammenhalt im Team stärken. Unser gemeinsames Ziel ist es, einen Raytracer zu schaffen, der die Marktstandards übertrifft und einen echten Mehrwert für unsere Nutzer bietet. Der Fokus liegt dabei weniger auf dem individuellen Erfolg, sondern auf dem kollektiven Ergebnis und dem Spaß, den wir gemeinsam bei der Entwicklung haben.

* 1. Vision

Wie soll das fertige System ungefähr aussehen?

Das fertige System wird ein Raytracer sein, der in der Lage ist, nahezu fotorealistische Darstellungen von Dreiecksszenen zu erzeugen.

* Diffuses Raytracing

Welche Features soll es haben?

Die geplante Software für den Raytracer wird eine Vielzahl von leistungsfähigen Features umfassen. Zunächst wird sie die Möglichkeit bieten, Oberflächenmodelle einzulesen, die aus Dreiecken zusammengesetzt sind, und zwar im weit verbreiteten .obj/.mtl-Format, was eine einfache Integration von komplexen 3D-Objekten ermöglicht. Anwender können die Perspektive auf das modellierte Objekt frei wählen und verschiedene Ansichten und Kamerawinkel erkunden. Zudem haben sie die Freiheit, punktuelle Lichtquellen beliebig in der Szene zu platzieren, um realistische Beleuchtungseffekte und Schatten zu erzeugen. Eine integrierte 3D-Vorschau wird es den Benutzern ermöglichen, die Ansichten und Beleuchtungen in Echtzeit zu definieren und zu visualisieren, bevor die endgültige Bildberechnung erfolgt. Die Bildberechnung selbst erfolgt durch die Anwendung eines Raytracing-Algorithmus, der das Lichtverhalten in der Szene realistisch simuliert, einschließlich Reflexionen, Brechungen und Schatten. Schließlich werden die gerenderten Bilder sowohl auf dem Monitor angezeigt als auch in gängigen Grafikformaten wie PNG oder JPEG gespeichert, sodass sie für die weitere Nutzung oder Bearbeitung bereitstehen. Diese Kombination aus Funktionen wird eine leistungsfähige und benutzerfreundliche Softwarelösung bieten, die den Anforderungen von Entwicklern und Grafikern gerecht wird.

In welchen Szenarien soll es eingesetzt werden?

Unternehmen können den Raytracer nutzen, um Produkte in einer realistischen Umgebung darzustellen, was bei Marketingmaterialien und Online-Shops hilfreich ist, um potenziellen Käufern ein besseres Verständnis der Produkte zu vermitteln.

* 1. Projektkontext

Wie passt das Projekt in die durchführende Organisation?

Ziel der Organisationsform für dieses Projekt ist es, zu erkennen und zu entscheiden, welche verschiedenen Rollen und Fachbereiche innerhalb eines Projektes existieren und zu planen, wie diese am effektivsten zusammenarbeiten können. Dabei treten uns folgende Fragen auf wie: Welches Mitglied aus dem Team kann welche Stärken und Kenntnisse in unser Projekt einbringen und welche Rollen/Charaktere können in unserem Projekt verteilt werden.

Welche Stakeholder sind daran beteiligt?

Man unterscheidet zwischen interne und externe Stakeholder. Hier bei unserem Raytracer sind die internen Stakeholder der Auftragsgeber (Eigentümer) und Mitarbeiter beteiligt. Die externen Stakeholder sind hierbei unsere Endnutzer, die unseren Raytracer nutzen.

Welche möglichen Weiterentwicklungen oder Folgeprojekte sind denkbar?

Eine sinnvolle Weiterentwicklung des Raytracers wäre die Integration von Physically Based Rendering (PBR), um Materialien und Lichtquellen physikalisch korrekter darzustellen und so die Realitätsnähe der gerenderten Szenen zu erhöhen. Zusätzlich könnte der Einsatz von Künstlicher Intelligenz dazu dienen, Renderprozesse zu optimieren und automatisch Licht- und Schatteneffekte anzupassen, was die Benutzerfreundlichkeit verbessert und Renderzeiten verkürzt.

1. Anwendungsdomäne

Vorlage:

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | Camera\_Component |
| BESCHREIBUNG | Beschreibt eine Camera, mit ihren unterliegenden Attributen. |
| IST-EIN | Komponente |
| KANN-SEIN | Szenenbestandteil |
| ASPEKT | Die Attribute „fov“, „aspect\_ratio“, „near\_clip“ und „far\_clip“ repräsentieren grundlegende Parameter einer Kamera: das Sichtfeld (Field of View), das Seitenverhältnis, die nahe und die ferne Clipping-Ebene. |
| BEMERKUNG | Der Begriff Kamera beschreibt ein Objekt, dass das Sichtfeld des Users auf das Objekt darstellt. |
| BEISPIELE | "cameraentity": [  {  "name": "Camera",  "uuid": "163fe421-7c52-41f4-a2b8-7cb77f88566f",  "Translation": {  "position": {  "x": 10,  "y": 250,  "z": 400  },  "rotation": {  "x": -35,  "y": 0,  "z": 0  }  },  "components": {  "CameraComponent": {  "fov": 60,  "aspectRatio": 1.77,  "nearClip": 0.1,  "farClip": 10000  }  }  } ] |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **Render\_Component** |
| BESCHREIBUNG | Ein Renderobjekt das alle nötigen Attribute besitzt zum Darstellen. |
| IST-EIN | Zentrale Komponente der Szene, und stellt das anzuzeigende Objekt mit grundlegenden Attributen dar |
| KANN-SEIN | Szenenbestandteil |
| ASPEKT | Besitzt die eindeutige UUID object\_UUID, um das Objekt zu identifizieren, sowie material\_UUID, um die zugehörigen Materialien aufzulösen. |
| BEMERKUNG | Der Begriff beschreibt ein Objekt, dass man Rendern möchte. |
| BEISPIELE | "renderentity": [  {  "name": "Chess-Teapot",  "uuid": "63c45451-2a3b-4454-a54d-0242c2d68ee3",  "Translation": {  "position": {  "x": 0,  "y": 0,  "z": 0  },  "rotation": {  "x": 0,  "y": 0,  "z": 0  },  "scale": {  "x": 1,  "y": 1,  "z": 1  }  },  "components": {  "RenderComponent": {  "objUUID": "4213aa10-c3f3-4505-a257-ea52d89beb6f",  "matUUID": "455cb61c-7974-4484-ac7e-85a7a0a58622"  }  }  } ] |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **Light\_Component** |
| BESCHREIBUNG | Eine Lichtquelle, die alle wichtigen Attribute hält. |
| IST-EIN | Zentrale Komponente der Szene, und stellt die Lichtquelle mit grundlegenden Attributen dar. |
| KANN-SEIN | Szenenbestandteil |
| ASPEKT | Die Attribute „intensity“ und „color“ in  „r g b“ beschreiben die Eigenschaften einer Lichtquelle, wobei intensity die Helligkeit und color die Farbe des Lichts angibt. |
| BEMERKUNG | Der Begriff beschreibt ein Objekt, dass zur Beleuchtung in der Szene benötigt, wird beim Raytracing. |
| BEISPIELE | "lightentity": [  {  "name": "Light-1",  "uuid": "b7d03d91-52ad-49b2-8c48-cd6a7e9ae822",  "Translation": {  "position": {  "x": -50,  "y": 250,  "z": 0  }  },  "components": {  "LightComponent": {  "intensity": 0.5,  "color": {  "r": 255,  "g": 0,  "b": 0  }  }  }  } |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **Converter** |
| BESCHREIBUNG | Ist eine Übersetzungsstruktur, um unsere Matrizen an der Eigen Umgebung anzupassen. |
| IST-EIN | Übersetzungsstruktur |
| KANN-SEIN | Für den Benutzer nicht sichtbar. |
| ASPEKT | Bearbeiteten die Ressourcen und Komponente unserer Hauptszene. |
| BEMERKUNG | Der Begriff bezeichnet eine Übersetzungsstruktur um unsere Matrizen von GLM auf Eigen |
| BEISPIELE | Für den Benutzer nicht sichtbar. |
| BEGRIFF | **Base\_Component** |
| BESCHREIBUNG | Ist die Überklasse der Unterliegenden Komponenten und verwaltet die gemeinsamen Attribute. |
| IST-EIN | Oberklasse, „Vatterklasse“ |
| KANN-SEIN | Zentrale Speicherverwaltung der unterliegenden Komponenten |
| ASPEKT | Die Attribute umfassen die eindeutige UUID (uuid), den Komponententyp (type), den Namen (name) sowie optional die Position, Rotation und Skalierung. |
| BEMERKUNG | Der Begriff bezeichnet die Oberklasse, der Komponente Camera-, Light- und Render-Komponenten. |
| BEISPIELE | Beispiele der Umsetzung sieht man an den äußersten Attributen in unserem .JSON-Files. |
| BEGRIFF | **Material\_Resource** |
| BESCHREIBUNG | Eine Material Resource repräsentiert die Eigenschaften und Zuordnungen eines Materials in einer Rendering- oder Simulationsumgebung. Sie enthält Informationen wie Farbeigenschaften, Beleuchtungsparameter, Transparenz sowie zugehörige Texturen. |
| IST-EIN | Die Material\_Resource ist eine spezialisierte Klasse, die von Base\_Resource abgeleitet ist und spezifische Funktionen für Materialeigenschaften bereitstellt. |
| KANN-SEIN | Ein Material mit bestimmten Farben (ambient, diffuse, specular, etc.)  Eine Ressource, die auf Texturen verweist (z. B. map\_Kd für diffuse Textur)  Eine Datenstruktur für Beleuchtungs- und Shader-Parameter (z. B. Transparenz, Glanz) |
| ASPEKT | Die Material\_Resource organisiert Materialdefinitionen und ihre zugehörigen Parameter. Dies schließt:  Materialeigenschaften: Farben (ambient, diffuse, emissive, specular)  Shader-Parameter: Transparenz, Glanz und Beleuchtungsmodell  Texturzuordnungen |
| BEMERKUNG | Materialien können mehrere Texturen und Eigenschaften kombinieren, um realistische visuelle Effekte zu erzeugen.  Die Klasse ist final und kann nicht weiter abgeleitet werden.  Die Ressource verwaltet eine Matrix (matrix\_colors), die Farben speichert und überprüfbar ist. |
| BEISPIELE | Ein Material mit den folgenden Eigenschaften:   * Name: "BrickMaterial" * Diffuse Farbe: (0.8, 0.2, 0.2) * Specular Farbe: (1.0, 1.0, 1.0) * Textur: brick\_diffuse.png |
| BEGRIFF | **Object\_Resource** |
| BESCHREIBUNG | Eine Object Resource repräsentiert die geometrischen und materiellen Eigenschaften eines 3D-Objekts, einschließlich seiner Vertices, Indices und zugehörigen Metadaten. Sie dient als zentrale Datenstruktur, um Objekte für die Verwendung in Rendering- oder Simulationskontexten zu speichern und zu verwalten. |
| IST-EIN | Die Object\_Resource ist eine abgeleitete Klasse von Base\_Resource, die speziell für die Verwaltung und Darstellung von 3D-Objekten konzipiert ist. |
| KANN-SEIN | Ein 3D-Objekt mit geometrischen Eigenschaften wie Position, Normalen, Texturkoordinaten und Farben.  Eine Ressource, die Materialzuweisungen für Objekte speichert.  Eine Datenstruktur für Indices und Vertices, die für Rendering oder andere Berechnungen verwendet werden. |
| ASPEKT | Die Object\_Resource organisiert die grundlegenden Daten eines 3D-Objekts. Dies umfasst:  Vertices: Enthalten Position, Farbe, Texturkoordinaten und Normalen.  Indices: Beschreiben die Verbindung zwischen Vertices, um Dreiecke oder andere Primitive zu bilden.  Materialinformationen: Speichern Materialnamen und Materialzuweisungen.  Matrixrepräsentationen: Effiziente Speicherung und Prüfung von Vertices und Indices über Matrizen. |
| BEMERKUNG | Die Klasse enthält sowohl strukturierte Vertices als auch Indices, die die Topologie eines Objekts beschreiben.  Sie unterstützt die effiziente Speicherung und den Zugriff auf diese Daten durch Matrizen (z. B. matrix\_indices und matrix\_vertices).  Die Klasse stellt Methoden zur Verfügung, um zu überprüfen, ob die gespeicherten Daten leer sind. |
| BEISPIELE | Ein 3D-Modell einer Figur:  Vertices: Enthalten Positionen, Texturkoordinaten und Farben für die Geometrie.  Indices: Definieren die Dreiecke des Modells.  Material: Zuweisung eines Materials mit Diffuse- und Normalmaps. |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **Base Resource** |
| BESCHREIBUNG | Die Base\_Resource-Klasse stellt eine abstrakte Basisklasse dar, die als Grundlage für verschiedene Ressourcentypen dient. Sie definiert grundlegende Eigenschaften wie eine eindeutige UUID, den Ressourcentyp (z. B. Material oder Objekt) und den Pfad zur Ressource. |
| IST-EIN | Die Base\_Resource ist eine abstrakte Basisklasse, von der spezialisierte Ressourcenklassen wie Material\_Resource und Object\_Resource abgeleitet werden. |
| KANN-SEIN | Eine Material-Ressource (Typ MATERIAL).  Eine Objekt-Ressource (Typ OBJECT).  Jede weitere spezialisierte Ressource, die von dieser Klasse abgeleitet wird. |
| ASPEKT | Die Klasse Base\_Resource definiert grundlegende Attribute und Funktionen für Ressourcen:  UUID: Eine eindeutige Identifikation der Ressource.  Typ: Der Ressourcentyp, der durch das ResourceType-Enum festgelegt ist.  Pfad: Der Speicherpfad der Ressource. |
| BEMERKUNG | Die Klasse ist abstrakt und wird nicht direkt instanziiert.  Sie bietet grundlegende Getter- und Setter-Methoden, um auf ihre Attribute zuzugreifen und sie zu bearbeiten.  Die UUID sorgt für eine eindeutige Identifizierung, während der Ressourcentyp und der Pfad spezifische Eigenschaften beschreiben. |
| BEISPIELE | Material-Ressource:   * UUID: 123e4567-e89b-12d3-a456-426614174000 * Typ: MATERIAL * Pfad: /materials/brick.mtl   Objekt-Ressource:   * UUID: 789e0123-e45f-67a8-bcde-987654321000 * Typ: OBJECT * Pfad: /objects/car.obj |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **Raytracer** |
| BESCHREIBUNG | Der Raytracer ist ein System, das mithilfe von SDL2 zur Darstellung realistischer 3D-Szenen arbeitet. Es nutzt Komponenten und Daten aus Ressourcen wie Materialien, Objekten und Lichtquellen, um die Szenen zu berechnen und auf den Bildschirm zu rendern. Dabei werden physikalisch basierte Berechnungen wie Lichtstrahlverfolgung und Materialeigenschaften verwendet, um realistische Effekte wie Reflexion, Brechung und Schatten zu erzeugen. |
| IST-EIN | Ein Raytracer, der:  Ressourcen aus einem Ressourcenmanagement-System bezieht (z. B. Material- und Objektressourcen).  SDL2 zur Fenster- und Ereignisverwaltung verwendet.  3D-Szenen durch physikalisch basierte Berechnungen realistisch darstellt. |
| KANN-SEIN | Ein Renderer, der:  Materialien aus Material\_Resource liest, um Farben, Texturen und Beleuchtung zu definieren.  Objektdaten aus Object\_Resource nutzt, um „Dreiecken“ zu rendern.  Lichteigenschaften berücksichtigt, um Beleuchtung und Schatten zu berechnen.  Eine interaktive Simulation mit SDL2, die Benutzereingaben wie Kamerabewegungen oder Objektinteraktionen verarbeitet. |
| ASPEKT | Der Raytracer kombiniert mehrere wichtige Aspekte:  Resourcenverwaltung: Nutzt Daten aus Base\_Resource-abgeleiteten Klassen (Material\_Resource, Object\_Resource) für die Szene.  Physikalisch basierte Berechnungen: Berechneten Lichtstrahlen und ihre Interaktion mit Objekten in der Szene.  SDL2-Integration: Verwendet SDL2 für:  Fenstererstellung und -verwaltung. |
| BEMERKUNG | Der Raytracer verwendet SDL2 als Basis, um plattformübergreifend zu arbeiten.  Die Komponenten der Szene werden aus einem zentralen Ressourcenmanagement-System bezogen, was die Organisation und Wiederverwendbarkeit erleichtert.  Materialien und Objekte werden physikalisch korrekt behandelt, um realistische Szeneneffekte wie Reflexion, Brechung und Schatten zu erzeugen.  Durch die Nutzung von SDL2 können Szenen in Echtzeit angepasst und Benutzereingaben dynamisch verarbeitet werden |
| BEISPIELE |  |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **Material Importer** |
| BESCHREIBUNG | Ein Modul, das Materialeigenschaften wie Farben, Texturen und Beleuchtungsparameter aus Dateien liest und diese für die Verwendung im Raytracer speichert. |
| IST-EIN | Eine Komponente des Raytracers, die Daten über Materialien aus externen Dateien extrahiert und in ein nutzbares Format umwandelt. |
| KANN-SEIN | Eine Schnittstelle zum Laden von Materialien aus .mtl-Dateien.  Ein Werkzeug zur Organisation und Speicherung von Materialinformationen für die Szene.  Ein Schritt in der Verarbeitungskette zur Vorbereitung von Daten für den Raytracer. |
| ASPEKT | Liest Materialinformationen wie Farben, Glanz oder Transparenz.  Unterstützt Texturzuweisungen, die die Oberfläche eines Materials beschreiben.  Stellt sicher, dass alle Materialien korrekt geladen und im System verfügbar sind. |
| BEMERKUNG | Der Material Importer überprüft die Konsistenz der Daten und stellt sicher, dass Texturpfade gültig sind.  Er optimiert die Verarbeitung, indem redundante Daten ignoriert werden. |
| BEISPIELE | „newmtl Metal  Ka 0.0 0.0 0.0  Kd 0.5 0.5 0.5  Ks 1.0 1.0 1.0  map\_Kd metal\_diffuse.png  map\_Bump metal\_bump.png Textur“ |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **Objekt Importer** |
| BESCHREIBUNG | Ein Modul, das die Geometrie von Objekten (Formen, Strukturen) und deren Materialzuweisungen aus Dateien liest und sie für den Raytracer bereitstellt. |
| IST-EIN | Eine Komponente, die Daten über die Geometrie und Struktur von Objekten aus externen Dateien extrahiert und in ein nutzbares Format überträgt. In unserem Fall Dreiecke ausließt. |
| KANN-SEIN | Eine Schnittstelle zum Laden von Objektdaten aus .obj-Dateien.  Ein Werkzeug zur Organisation und Verknüpfung von Objekten und Materialien in einer Szene.  Ein Schritt in der Verarbeitungskette, um Objekte für die Anzeige vorzubereiten. |
| ASPEKT | Liest die Geometrie eines Objekts (Positionen, Oberflächen, Struktur).  Verknüpft Objekte mit Materialien, um realistische Darstellungen zu ermöglichen.  Stellt sicher, dass alle Objekte korrekt geladen und miteinander kompatibel sind. |
| BEMERKUNG | Der Importer überprüft, ob alle Materialien, die einem Objekt zugeordnet sind, existieren.  Er entfernt unnötige oder doppelte Daten, um die Performance zu verbessern. |
| BEISPIELE | „mtllib teapotonchess.mtl  v 43.967953 129.156097 107.249275  v 43.372643 131.406357 107.249275  v 44.063202 132.156448 107.249275“  @ Aus der teapotonchess-Datei |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **Fragment Shader** |
| BESCHREIBUNG | Der Fragment Shader ist ein wesentlicher Bestandteil der Rendering-Pipeline und wird verwendet, um die endgültige Farbe eines Pixels zu berechnen. In diesem Fall ist der Shader so gestaltet, dass er die interpolierte Fragmentfarbe („frag\_color“) übernimmt und direkt an den Framebuffer ausgibt. |
| IST-EIN | Ein GLSL-Shader (OpenGL Shading Language), der in der Pipeline der Grafikkarte ausgeführt wird, um Farben und andere Pixelattribute zu berechnen. |
| KANN-SEIN | Ein einfacher Shader, der:  Die vom Vertex-Shader interpolierte Farbe (frag\_color) direkt übernimmt.  Die berechnete Farbe als Ausgabe (color) an den Framebuffer schreibt. |
| ASPEKT | Shader Version: Verwendet GLSL-Version 330 („#version 330 core“).  Input: frag\_color (eine interpolierte Farbe, die vom vorherigen Shader übergeben wird).  Output: color (die endgültige Pixel-Farbe, die auf dem Bildschirm erscheint). |
| BEMERKUNG | Der Shader ist minimal und übernimmt lediglich die interpolierte Fragmentfarbe.  Erweiterungen könnten Texturen, Beleuchtungseffekte oder andere Farbmanipulationen einfügen.  Die Struktur und Syntax sind auf moderne OpenGL-Standards ausgelegt (Core Profile). |
| BEISPIELE | Eingabe: frag\_color = vec4(1.0, 0.0, 0.0, 1.0) (Rot).  Ausgabe: color = vec4(1.0, 0.0, 0.0, 1.0) (Pixel wird rot gefärbt). |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **Vertex Shader** |
| BESCHREIBUNG | Der Vertex Shader verarbeitet einzelne Vertices eines 3D-Objekts und berechnet ihre Position sowie weitere Attribute für die nächste Stufe der Rendering-Pipeline. In diesem Fall transformiert der Shader die Vertex-Position mithilfe einer modelViewProj-Matrix und leitet die Vertex-Farbe an den Fragment-Shader weiter. |
| IST-EIN | Ein GLSL-Shader (OpenGL Shading Language), der die Eingabedaten eines 3D-Objekts (Position und Farbe) verarbeitet und für die nächste Stufe der Pipeline vorbereitet. |
| KANN-SEIN | Ein Shader, der:  Vertex-Positionen transformiert, um sie in den Clip-Space zu projizieren.  Farben interpoliert und an den Fragment-Shader weiterleitet. |
| ASPEKT | Shader Version: Verwendet GLSL-Version 330 (#version 330 core).  Inputs:  position (Vertex-Position als vec3).  color (Vertex-Farbe als vec3).  Uniform:  modelViewProj (eine Transformationsmatrix, die das Modell in den Clip-Space transformiert).  Outputs:  frag\_color (die interpolierte Vertex-Farbe, die an den Fragment-Shader übergeben wird). |
| BEMERKUNG | Der Shader verwendet eine Transformationsmatrix (modelViewProj), die die Modell-, View- und Projektionsmatrizen kombiniert.  Die Ausgabe „gl\_Position“ wird von OpenGL verwendet, um die Position des Vertices im Clip-Space zu bestimmen.  Der Vertex-Shader interpoliert die Farbe (color) und gibt sie an den Fragment-Shader weiter. |
| BEISPIELE | Eingabe: position = vec3(1.0, 1.0, 1.0)  Transformationsmatrix: modelViewProj = mat4(...)  Ausgabe: gl\_Position = modelViewProj \* vec4(1.0, 1.0, 1.0, 1.0) |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **Ressourcen-Ordner** |
| BESCHREIBUNG | Der Ressourcen-Ordner dient als zentrale Ablage für alle benötigten Daten des Raytracers. Er enthält Unterordner, die spezifische Arten von Ressourcen speichern:  assets: Enthält .obj- und .mtl-Dateien, die Objekte und Materialien definieren.  scenes: Beinhaltet vorgefertigte Szenen, die aus Objekten und Materialien bestehen und direkt im Raytracer angezeigt werden können. |
| IST-EIN | Eine strukturierte Sammlung von Ressourcen, die für den Betrieb des Raytracers erforderlich sind. Sie enthält Rohdaten (Objekte und Materialien) und fertige Szenen zur Demonstration. |
| KANN-SEIN | assets: Ein Unterordner, der:  .obj-Dateien speichert, die die Geometrie von 3D-Objekten beschreiben.  .mtl-Dateien enthält, die Materialdefinitionen wie Farben, Texturen und Beleuchtungsparameter für die Objekte bereitstellen.  scenes: Ein Unterordner, der:  Szenendateien speichert, die mehrere Objekte, Materialien und ihre Anordnung in einer 3D-Welt definieren. |
| ASPEKT | Assets:  .obj-Dateien enthalten:  Vertices (Positionen, Normalen, Texturkoordinaten).  Indices zur Definition von Dreiecken.  Materialzuweisungen (usemtl), die auf .mtl-Dateien verweisen.  .mtl-Dateien enthalten:  Farben (ambient, diffuse, specular).  Beleuchtungseigenschaften (Shininess, Transparenz).  Texturpfade (z. B. map\_Kd für Diffuse-Texturen).  Scenes:  Fertige Szenen mit definierten Objekten, Lichtquellen und Kamerapositionen.  Typischerweise JSON- oder XML-basierte Dateien zur Konfiguration. |
| BEMERKUNG | Der Ordner ist modular aufgebaut, sodass Assets und Szenen leicht hinzugefügt oder geändert werden können.  Szenen im scenes-Ordner nutzen die Daten aus dem assets-Ordner und kombinieren sie zu kompletten Darstellungen.  Der Zugriff auf die Ressourcen erfolgt über die entsprechenden Importer (Material Importer und Objekt Importer). |
| BEISPIELE | ressources/  ├── assets/  | ├── cube.obj  │ ├── cube.mtl  │ ├── sphere.obj  │ ├── sphere.mtl  │ └── textures/  │ ├── brick\_diffuse.png  │ └── metal\_specular.png  └── scenes/  ├── scene1.json  └── scene2.json |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **Main Szene** |
| BESCHREIBUNG | Die Main-Szene ist die zentrale Klasse des 3D-Editors und Raytracers. Sie verwaltet alle Komponenten und Ressourcen einer Szene und bietet Funktionen zur Anzeige, Interaktion und Modifikation. Die Klasse nutzt eine grafische Oberfläche, die mit NanoGUI erstellt wurde, sowie OpenGL zur Darstellung der 3D-Szene. Sie integriert zudem eine JSON-basierte Importfunktion für Szenen und Ressourcen. |
| IST-EIN | Eine Klasse, die:  Komponenten (z. B. Kamera, Licht, Render-Objekte) und Ressourcen (z. B. Materialien, Meshes) verwaltet.  Die grafische Benutzeroberfläche (GUI) organisiert und Benutzereingaben verarbeitet.  Als Einstiegspunkt für das Rendering der Szene dient. |
| KANN-SEIN | 3D-Szenenmanager: Organisiert die Darstellung von Objekten, Licht und Kameras in einer Szene.  Komponenten- und Ressourcenmanager: Verknüpft Ressourcen mit Komponenten und ermöglicht Änderungen in der GUI.  GUI-Controller: Stellt Fenster für die Vorschau, Komponentenliste und Attributbearbeitung bereit. |
| ASPEKT | Komponentenverwaltung:  Verwalten von Kameras, Lichtern und Render-Objekten über UUIDs.  Automatisches Hinzufügen einer Kamera, falls keine existiert.  Ressourcenverwaltung:  Laden und Verknüpfen von Materialien und Objektressourcen.  JSON-Import von Szenen zur dynamischen Laufzeit.  3D-Vorschau:  Rendering der Szene in einem OpenGL-Canvas (Preview\_Canvas).  Unterstützung für Kamerabewegungen (WASD-Steuerung).  GUI-Funktionen:  Attributfenster für Komponenten.  Interaktive Baumansicht der Szene (TreeView\_Widget).  Bedienelemente wie Schieberegler, Buttons und Menüleisten. |
| BEMER-KUNG | Die Klasse ist als Singleton (instance) implementiert, um globale Zugriffspunkte für Szenenverwaltung und GUI zu ermöglichen.  Das Rendering verwendet OpenGL und GLM, um Kameraperspektiven, Objekttransformationen und Beleuchtungen zu berechnen.  Die Integration von JSON ermöglicht das Importieren und Speichern von Szenen in einem leicht lesbaren Format.  Threading: Die Raytracer-Vorschau wird in einem separaten Thread ausgeführt, um die GUI responsiv zu halten. |
| BEISPIELE |  |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **Custom Label** |
| BESCHREIBUNG | Die Custom\_Label-Klasse erweitert die Funktionalität von NanoGUI Widget-System, um eine benutzerdefinierte Beschriftung (Label) bereitzustellen. Sie ermöglicht die Anzeige von Text mit anpassbarer Schriftart, Farbe und Größe und unterstützt zusätzliche Funktionen wie Click-Events. |
| IST-EIN | Eine spezialisierte Widget-Klasse aus NanoGUI, die:  Textbeschriftungen anzeigt.  Anpassungen wie Schriftart, Textfarbe und Textinhalt erlaubt.  Interaktionen durch Mausereignisse unterstützt (z. B. Klicks). |
| KANN-SEIN | Ein statisches Label, das einfach nur Text anzeigt.  Ein interaktives Label, das auf Benutzeraktionen (z. B. Klicks) reagiert.  Eine visuelle Komponente in einem GUI, die Textinhalte dynamisch ändert. |
| ASPEKT | Erweitert die Basisfunktionalitäten mit:  Unterstützt Click-Events durch einen Callback, der mit setCallback definiert wird. |
| BEMERKUNG | Die Custom\_Label-Klasse integriert sich nahtlos in das NanoGUI-Framework und unterstützt dessen Layout- und Zeichenmechanismen.  Neben der visuellen Darstellung kann das Label interaktive Funktionen übernehmen (z. B. ein Button-Ersatz).  Die Implementierung verwendet NanoVG-Kontexte (NVGcontext) für die Zeichnung von Text. |
| BEISPIELE | Den Text nach dem interagierren mit ihm die Farben wechseln zu lassen. |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **Component-Attributes-Widget** |
| BESCHREIBUNG | Das ComponentAttributes\_Widget ist eine spezialisierte selbsterstellte Widget-Klasse, die in NanoGUI verwendet wird, um die Attribute von Komponenten visuell darzustellen und zu bearbeiten. Es bietet Funktionen zum Anzeigen, Aktualisieren und Löschen von Komponentenattributen, die mit der 3D-Szene verknüpft sind. |
| IST-EIN | Eine grafische Benutzeroberfläche (GUI), die:  Die Attribute von Komponenten wie Camera\_Component, Render\_Component und Light\_Component dynamisch anzeigt.  Als Widget in ein übergeordnetes Fenster integriert wird.  Die Interaktion und Bearbeitung von Attributen der 3D-Komponenten ermöglicht. |
| KANN-SEIN | Eine Attributanzeige:  Zeigt aktuelle Werte wie Position, Rotation und Skalierung an.  Ein Attributeditor:  Ermöglicht dem Benutzer, Werte direkt zu bearbeiten (z. B. Kameraposition, Lichtintensität).  Ein dynamisches Werkzeug:  Reagiert auf Änderungen an der Komponente und aktualisiert die Anzeige automatisch. |
| ASPEKT | Das ComponentAttributes\_Widget generiert dynamische Widgets zur Bearbeitung, bietet Funktionen zum Anzeigen, Aktualisieren, Bearbeiten und Löschen sowie Hilfsfunktionen zur Umwandlung und Darstellung von Werten. |
| BEMERKUNG | Das Widget unterstützt verschiedene Komponententypen (Base\_Component, Camera\_Component, Render\_Component, Light\_Component) und ist flexibel erweiterbar.  Die dynamischen Widgets werden zur Laufzeit erstellt und ermöglichen es, Attribute flexibel darzustellen und zu bearbeiten. |
| BEISPIELE | A screenshot of a computer program  Description automatically generated |
| BEGRIFF | **Component-Tree-Widget** |
| BESCHREIBUNG | Das TreeView-Widget ist ein GUI-Widget, das eine hierarchische Baumstruktur darstellt. Es ermöglicht das Hinzufügen, Entfernen und Aktualisieren von Knoten, wodurch die Organisation und Navigation von Komponenten in einer Szene erleichtert wird. |
| IST-EIN | Ein spezialisierter Widget-Container aus NanoGUI, der:  Eine scrollbare Baumstruktur zur Anzeige hierarchischer Beziehungen bietet.  Mit einem ComponentAttributes\_Widget verknüpft ist, um die Attribute eines ausgewählten Knotens anzuzeigen. |
| KANN-SEIN | Eine visuelle Darstellung der Komponentenhierarchie in einer Szene.  Ein interaktives Werkzeug, das Benutzern ermöglicht:  Knoten (z. B. Objekte, Kameras, Lichter) hinzuzufügen.  Den Fokus auf einen bestimmten Knoten zu legen und dessen Attribute anzuzeigen.  Die Struktur durch Löschen oder Aktualisieren anzupassen. |
| ASPEKT | Knoten können hierarchisch organisiert und interaktiv ausgewählt werden, das Widget ist mit einem Attribut-Editor verknüpft, unterstützt die Navigation großer Strukturen und ermöglicht das Aktualisieren oder Zurücksetzen der Baumdarstellung. |
| BEMERKUNG | Die Baumstruktur ist flexibel, dynamisch, passt sich den Szenekomponenten an, verknüpft Knoten effizient mit Widgets und ermöglicht eine komfortable Navigation großer Strukturen. |
| BEISPIELE |  |

|  |  |
| --- | --- |
| BEGRIFF | **MenuBar-Widget** |
| BESCHREIBUNG | Das MenuBar-Widget ist eine spezialisierte GUI-Komponente in NanoGUI, die eine Menüleiste bereitstellt. Es ermöglicht die Organisation von Dropdown-Menüs mit Optionen, die durch Benutzeraktionen ausgelöst werden können. |
| IST-EIN | Eine grafische Benutzeroberfläche (GUI), die:  Eine Menüleiste mit Hauptmenüs und zugehörigen Dropdown-Optionen bietet.  Benutzeraktionen über definierte Callbacks für jede Menüoption ermöglicht. |
| KANN-SEIN | Eine Steuerzentrale:  Organisiert Funktionen wie "Datei öffnen", "Komponente hinzufügen" oder "Hilfe anzeigen".  Ein interaktives Werkzeug:  Reagiert auf Benutzereingaben und führt zugewiesene Aktionen aus.  Ein dynamisches Menü:  Unterstützt die Konfiguration von Menüs und Optionen zur Laufzeit. |
| ASPEKT | Menüs mit Dropdown-Optionen bieten einfache Navigation, verknüpfen Optionen mit Callbacks, unterstützen Aktionen wie Datei- und Verzeichniszugriff sowie Szenenverwaltung und erleichtern den Zugriff auf zentrale Funktionen. |
| BEMERKUNG | Die Menüleiste kann flexibel an verschiedene Anforderungen angepasst werden, indem Menüs und Optionen dynamisch hinzugefügt werden.  Dateipfade und Verzeichnisse werden validiert, um Benutzerfehler zu minimieren.  Die Organisation und Darstellung der Menüs erfolgten in einer übersichtlichen Dropdown-Struktur. |
| BEISPIELE |  |

1. Domänenmodell

Das Domänenmodell des Raytracers wurde in verschiedene Module unterteilt, um die Aufgaben klar zu trennen und die Entwicklung effizient zu strukturieren. Die GUI (Grafische Benutzeroberfläche) ermöglicht die Darstellung der Szene und bietet dem Benutzer Interaktionsmöglichkeiten, wie die Steuerung der Kamera, die Anpassung von Attributen sowie die Verwaltung der Baumstruktur. Das Raytracing-Modul übernimmt als Kernkomponente die physikalisch basierte Berechnung von Effekten wie Reflexion, Brechung und Schatten, um realistische Bilder basierend auf den Szenendaten zu erstellen.

Der Importer dient dazu, Szenen, Objekte und Materialien aus externen Dateien zu laden und in ein für den Raytracer verständliches Format zu übersetzen, wodurch die Nutzung standardisierter OBJ/MTL-Files gewährleistet wird. Ergänzend dazu überprüft das Parsing-Modul die Konsistenz und Vollständigkeit der importierten Szenen, dass alle Daten korrekt verarbeitet werden können.

Das Converter-Modul übernimmt die Umwandlung von Daten zwischen verschiedenen Formaten und stellt die Kompatibilität zwischen den eingesetzten Modulen und Bibliotheken sicher. Schließlich verwalten die einzelnen Komponenten, wie Kamera, Lichtquellen und Materialien, die grundlegenden Bausteine der Szene und stellen deren Attribute für das Rendering und die Interaktion bereit. Diese klare Einteilung sorgt für eine modulare und erweiterbare Architektur, die eine optimale Zusammenarbeit der verschiedenen Module ermöglicht.

Components-Klassendiagramm:

A white sheet of paper with text

Description automatically generated

Resource-Klassendigramm:

A screenshot of a diagram

Description automatically generated

GUI-Klassendiagramm:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

1. Anforderungsdefinition

|  |  |
| --- | --- |
| **AKTEUR** | **AUFTRAGGEBER** |
| **BESCHREIBUNG** | Institut für Softwaretechnik |
| **ROLLE** | Der Auftraggeber stellt die Anforderungen bereit, über die das Produkt am Ende verfügen muss. Nach der Entwicklung testet er das Resultat und entscheidet darüber, ob das fertige Produkt die gestellten Anforderungen  erfüllt. |

|  |  |
| --- | --- |
| **AKTEUR** | **DEVELOPER** |
| **BESCHREIBUNG** | RayForge (wir) |
| **ROLLE** | Sind verantwortlich für das Erstellen des Produkts und müssen dabei auf  die Wünsche und Anforderungen des Auftraggebers eingehen. |

|  |  |
| --- | --- |
| **AKTEUR** | **CLIENT** |
| **BESCHREIBUNG** | Die Software des Teilnehmers |
| **ROLLE** | Einlesen von aus Dreiecken zusammengesetzten  Oberflächenmodellen aus Dateien im .obj/.mtl-Format. |

|  |  |
| --- | --- |
| **AKTEUR** | **TEILNEHMER** |
| **BESCHREIBUNG** | Endnutzer des Projekts |
| **ROLLE** | Personenkreis, der die Software nutzt, um „photorealistische“ Darrstellungen von Dreiecksszenen zu generieren. |

|  |  |
| --- | --- |
| **AKTEUR** | **STACKEHOLDER** |
| **BESCHREIBUNG** | Prof. Dr. R. Lunde |
| **ROLLE** | Stakeholder sind Teilhaber des Projekts. Sie haben außerdem berechtigtes Interesse am Verlauf und dem Ergebnis. |

* 1. Funktionale Anforderungen

|  |  |
| --- | --- |
| **ID** | FA1 |
| **TITEL:** | Einlesen von .obj/.mtl-Dateien |
| **BESCHREIBUNG** | Der Raytracer muss in der Lage sein, Oberflächenmodelle, die aus Dreiecken bestehen, aus Dateien im .obj- und .mtl-Format einzulesen. |
| **BEGRÜDNUNG** | Dies ist notwendig, um geometrische Objekte für das Rendering bereitzustellen. Die .obj- und .mtl-Formate sind weit verbreitet und ermöglichen eine einfache Integration von 3D-Modellen. |
| **ABHÄNGIGKEITEN** | - |

|  |  |
| --- | --- |
| **ID** | FA2 |
| **TITEL:** | Freie Wahl der Sicht auf das Objekt |
| **BESCHREIBUNG** | Der Raytracer muss es ermöglichen, die Lage der Projektionsebene, den Bildausschnitt und das Projektionszentrum flexibel zu wählen. Zudem muss ein einheitliches Dateiformat für sichtrelevante Daten definiert werden. |
| **BEGRÜDNUNG** | Diese Anforderung ist wichtig, um eine benutzerdefinierte Ansicht des Modells zu ermöglichen. Eine gemeinsame Dateiformatspezifikation fördert die Zusammenarbeit zwischen den Gruppen und stellt sicher, dass alle Sichtdaten konsistent gespeichert werden. |
| **ABHÄNGIGKEITEN** | FA1 |

|  |  |
| --- | --- |
| **ID** | FA3 |
| **TITEL:** | 3D-Preview für Ansichts- und Beleuchtungsdefinition |
| **BESCHREIBUNG** | Der Raytracer muss eine Echtzeit-Visualisierung der darzustellenden Objekte, Kamera und Lichtquellen bieten. Die 3D-Preview soll eine schnelle Reaktion auf Änderungen der Parameter ermöglichen und eine detaillierte Darstellung der Objekte (einschließlich Texturen) unterstützen |
| **BEGRÜDNUNG** | Eine Echtzeit-Visualisierung ermöglicht es Benutzern, Anpassungen sofort zu sehen, was die Qualität der Ergebnisse verbessert. Die Möglichkeit, mit Lichtquellen und Kameraeinstellungen zu experimentieren, ist entscheidend für ein effektives Design. |
| **ABHÄNGIGKEITEN** | FA2 |

|  |  |
| --- | --- |
| **ID** | FA4 |
| **TITEL:** | Bildberechnung durch Anwendung von Raytracing |
| **BESCHREIBUNG** | Der Raytracer muss die Bildberechnung durch Strahlverfolgung vom Projektionszentrum in Richtung der Projektionsebene realisieren. |
| **BEGRÜDNUNG** | Die Anwendung von Raytracing ermöglicht realistische Bilddarstellungen durch physikalisch basierte Lichtberechnung und effektive Simulation von Reflexion und Brechung. Dies ist entscheidend für die Qualität und Genauigkeit der erzeugten Bilder. |
| **ABHÄNGIGKEITEN** | FA1, FA3, FA2 |

|  |  |
| --- | --- |
| **ID** | FA5 |
| **TITEL:** | Bilddarstellung auf dem Monitor sowie Speicherung in einem gängigen Grafikformat |
| **BESCHREIBUNG** | Der Raytracer muss in der Lage sein, die berechneten Bilder auf dem Monitor darzustellen und sie in einem gängigen Grafikformat (z. B. PNG, JPEG, BMP) zu speichern. |
| **BEGRÜDNUNG** | Diese Anforderung ist entscheidend, um die Benutzererfahrung zu verbessern und die Interoperabilität mit anderen Softwareanwendungen zu gewährleisten. Eine unabhängige Bilddarstellung und -speicherung ist wichtig, um Flexibilität und Zukunftssicherheit zu gewährleisten. |
| **ABHÄNGIGKEITEN** | FA4, FA1, FA2 |

* 1. Nicht funktionale Anforderungen

|  |  |
| --- | --- |
| **ID** | QA1 |
| **TITEL:** | Robustheit/ Zuverlässigkeit |
| **BESCHREIBUNG** | Die Anwendung darf nicht abstürzen. Bei 100 Instanzen darf die Anwendung maximal 1 aufgrund eines Fehlers abstürzen. |
| **BEGRÜDNUNG** | Ein möglichst fehlerfreies Spiel ist für eine nutzerfreundliche Erfahrung  zwingend notwendig. |

|  |  |
| --- | --- |
| **ID** | QA2 |
| **TITEL:** | Effizienz der Bildberechnung |
| **BESCHREIBUNG** | Die Bildberechnung sollte möglichst schnell erfolgen, wobei der Speicherverbrauch bei der Umsetzung von Beschleunigungsstrategien nicht vernachlässigt werden darf. |
| **BEGRÜDNUNG** | Eine effiziente Bildberechnung ist entscheidend für die Benutzererfahrung und die Anwendbarkeit des Raytracers in realistischen Szenarien. |

|  |  |
| --- | --- |
| **ID** | QA3 |
| **TITEL:** | Wartbarkeit der Software |
| **BESCHREIBUNG** | Die Software soll so gestaltet sein, dass sie von einem neuen Team zu einem späteren Zeitpunkt weiterentwickelt werden kann. |
| **BEGRÜDNUNG** | Eine wartbare Softwarearchitektur ist entscheidend, um die zukünftige Entwicklung und Erweiterung der Anwendung zu ermöglichen. |

|  |  |
| --- | --- |
| **ID** | QA4 |
| **TITEL:** | Anwendungssprache, Implementierungssprache und Dokumentationssprache |
| **BESCHREIBUNG** | * Die Benutzerschnittstelle der Anwendung (d.h. aller Komponenten) kann auf Deutsch oder Englisch gestaltet werden. * Die Implementierungssprache (Bezeichner im Source Code und Kommentare) soll jedoch Englisch sein. * Sonstige Dokumente wie Benutzerhandbuch, Testdokumentationen, Projekttagebuch, usw. können auf Deutsch oder Englisch verfasst werden. |

|  |  |
| --- | --- |
| **ID** | QA5 |
| **TITEL:** | Programmiersprachen und Technologien |
| **BESCHREIBUNG** | Als Programmiersprache sollten Java, JavaScript, C# und C++ genutzt  werden |

|  |  |
| --- | --- |
| **ID** | QA6 |
| **TITEL:** | Plattformen |
| **BESCHREIBUNG** | Der Benutzer-Client und Editor müssen entweder auf einer aktuellen Linux-Distribution, aktuellen Windows Version oder basierend auf Webtechnologien, in einem aktuellen, standartkonformen Browser  Laufen. |
| **BEGRÜDNUNG** | Ermöglichen Nutzern der jeweiligen Plattform(en) den Raytracer zu nutzen. |

1. Anwendungsfälle

A diagram of a company

Description automatically generated

1. Abläufe

Hierbei weiche ich vom Standard ab und tue nur die wichtigsten umsetzen!

A screenshot of a computer

Description automatically generated

1. Benutzerschnittstellen
   1. 3D – Szene JSON

{  
 "renderentity": [  
 {  
 "name": "Chess-Teapot",  
 "uuid": "63c45451-2a3b-4454-a54d-0242c2d68ee3",  
 "Translation": {  
 "position": {  
 "x": 0,  
 "y": 0,  
 "z": 0  
 },  
 "rotation": {  
 "x": 0,  
 "y": 0,  
 "z": 0  
 },  
 "scale": {  
 "x": 1,  
 "y": 1,  
 "z": 1  
 }  
 },  
 "components": {  
 "RenderComponent": {  
 "objUUID": "4213aa10-c3f3-4505-a257-ea52d89beb6f",  
 "matUUID": "455cb61c-7974-4484-ac7e-85a7a0a58622"  
 }  
 }  
 }  
 ],  
 "lightentity": [  
 {  
 "name": "Light-1",  
 "uuid": "b7d03d91-52ad-49b2-8c48-cd6a7e9ae822",  
 "Translation": {  
 "position": {  
 "x": -250,  
 "y": 250,  
 "z": 0  
 }  
 },  
 "components": {  
 "LightComponent": {  
 "intensity": 0.7,  
 "color": {  
 "r": 0,  
 "g": 0,  
 "b": 255  
 }  
 }  
 }  
 },  
 {  
 "name": "Light-2",  
 "uuid": "abbea383-81e9-4f72-a351-a40a4cce4de8",  
 "Translation": {  
 "position": {  
 "x": 250,  
 "y": 250,  
 "z": 0  
 }  
 },  
 "components": {  
 "LightComponent": {  
 "intensity": 0.3,  
 "color": {  
 "r": 255,  
 "g": 0,  
 "b": 0  
 }  
 }  
 }  
 }  
 ],  
 "cameraentity": [  
 {  
 "name": "Camera",  
 "uuid": "163fe421-7c52-41f4-a2b8-7cb77f88566f",  
 "Translation": {  
 "position": {  
 "x": 10,  
 "y": 250,  
 "z": 400  
 },  
 "rotation": {  
 "x": -35,  
 "y": 0,  
 "z": 0  
 }  
 },  
 "components": {  
 "CameraComponent": {  
 "fov": 60,  
 "aspectRatio": 1.77,  
 "nearClip": 0.1,  
 "farClip": 10000  
 }  
 }  
 }  
 ],  
 "resources": [  
 {  
 "uuid": "4213aa10-c3f3-4505-a257-ea52d89beb6f",  
 "type": "obj",  
 "path": ".\\assets\\miscellaneous\\miscellaneous\\teapot-chess\\teapotonchess.obj"  
 },  
 {  
 "uuid": "455cb61c-7974-4484-ac7e-85a7a0a58622",  
 "type": "mat",  
 "path": ".\\assets\\miscellaneous\\miscellaneous\\teapot-chess\\teapotonchess.mtl"  
 }  
 ],  
 "metadata": {  
 "backgroundColor": [0.1, 0.1, 0.1],  
 "globalIllumination": true,  
 "renderMode": "pathtracing",  
 "maxDepth": 5,  
 "samplesPerPixel": 100  
 }  
}

In einer 3D-Szene beschreibt das für einen Raytracer verwendete JSON alle wesentlichen Szenenelemente und gliedert sie in zwei Hauptkomponenten: **Entities** und **Resources**.

Die Entities repräsentieren die verschiedenen Objekte in der Szene, wie z.B. 3D-Modelle oder Lichtquellen (Kamera). Jedes dieser Objekte hat bestimmte Eigenschaften, die seine Platzierung und Ausrichtung im Raum bestimmen. Dazu gehören Position, Rotation und Skalierung, die jeweils die räumliche Anordnung des Objekts bestimmen und beeinflussen, wie es im endgültigen Bild erscheint. Darüber hinaus besitzen diese Objekte Komponenten, die die Darstellungs- und Materialeigenschaften definieren. Beispielsweise verweist eine Render-Komponente auf ein bestimmtes Material oder eine bestimmte Geometrie, die dem Objekt zugeordnet ist, und Lichtquellen enthalten zusätzlich eine Licht-Komponente, die die Intensität und Farbe des Lichts bestimmt.

Die Ressourcen verweisen auf interne Dateien mit einem relativen Pfad, die für die Geometrie- und Materialdefinitionen der Objekte in der Szene benötigt werden. Zu den Ressourcen gehören Verweise auf Geometrien wie OBJ-Dateien, die das Modell eines Objekts beschreiben, und auf Materialien, die Texturen oder andere Oberflächeneigenschaften enthalten. Diese Dateien liefern wichtige Informationen über die physikalischen Eigenschaften der Oberflächen, damit der Raytracer das Aussehen der Objekte so realistisch wie möglich berechnen kann.

Zusammengefasst bietet dieses JSON eine strukturierte Datenbasis für die Beschreibung und den Aufbau einer 3D-Szene. Durch die Definition der wichtigsten Eigenschaften der Objekte in der Szene, wie Position, Material und Beleuchtung, ermöglicht es einem Raytracer, diese Informationen zu verwenden, um die Szene korrekt zu beleuchten und zu rendern.

1. Graphische Gestaltung und Nutzungskonzept

Im Folgenden werden einige grafische Gestaltungskonzepte der einzelnen Dialoge durch Mock-Up-Zeichnungen dargestellt. Textuelle Beschreibungen veranschaulichen zudem die Übersicht der Dialoge.

* 1. Hauptbildschirm

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Unser Hauptbildschirm verfügt oben über einen Reiter, über den man auf weitere Informationen, Einstellungen oder funktionale Anforderungen zugreifen kann. Im Menü befinden sich die Einträge „File" und „Add", die jeweils als Dropdown-Menüs gestaltet sind und weiter unten detailliert aufgelistet und erklärt werden.

An der rechten Seite finden sich wichtige Informationen zur aktuellen 3D-Szene. Darunter ist ein Entity-Tree platziert, und direkt darunter werden weitere Informationen zur aktuellen 3D-Szene angezeigt, einschließlich Informationen zur eventuell geladenen JSON-3D-Szene. Diese Informationen lassen sich durch einen Button am Rand, der in der Mitte einen Pfeil enthält, einklappen und wieder ausklappen.

Hier sehen Sie eine Mockup-Zeichnung im eingeklappten Informationszustand:

#### Eingeklappten Informationszustand:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Hier sind die Dropdown-Menüs der beiden Reiter im Detail dargestellt: Der Reiter *File* enthält die Optionen Import, Export, Settings und Exit, die den Zugriff auf verschiedene Datei- und Anwendungseinstellungen ermöglichen. Im Reiter *Add* befinden sich die Optionen Lights und Camera, mit denen sich Beleuchtungselemente sowie Kameras in die 3D-Szene hinzufügen lassen.

Die Optionen Lights und Camera bieten die Möglichkeit, entweder neue Lichtelemente oder Kameras zu erstellen oder bereits vorhandene Elemente in den Fokus zu nehmen. Sobald ein Element fokussiert ist, kann es mit der Maus bewegt und präzise in der 3D-Szene positioniert werden.

#### Ausgeklappte Reiter „File“ und „Add“:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Nun werfen wir einen Blick auf die Optionen, die sich durch Anklicken oder Hover-Effekt beim Menüpunkt „Import“ öffnen. Hier hat der Nutzer die Wahl, entweder eine Datei oder eine 3D-Szene im JSON-Format zu öffnen bzw. zu importieren.

#### Ausgeklappte Import-Option:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Beim Menüpunkt „Export“ stehen nach dem Anklicken oder Hovern mehrere Exportoptionen zur Verfügung. Der Nutzer kann hier entscheiden, in welchem Format die Daten gespeichert werden sollen. Zur Auswahl stehen die Formate JSON, PNG und JPG, wodurch sowohl strukturierte Daten als auch Bilddateien generiert werden können, je nach gewünschtem Verwendungszweck und Zielplattform. Diese flexible Auswahl ermöglicht es, die exportierten Inhalte an spezifische Anforderungen oder Weiterverarbeitungsprogramme anzupassen.

#### Ausgeklappte Export-Option:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Nun kommen wir zur Option „Settings“. Durch das Öffnen dieser Option wird eine neue Oberfläche angezeigt, die den Hauptbildschirm überlagert und eine eigenständige Struktur aufweist. Diese Struktur enthält verschiedene Einstellungsmöglichkeiten, deren Aufbau und Funktionen später noch im Detail erklärt werden.

* 1. Einstellungen (gestrichen)

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Mein Settings-Fenster weist eine einfache, aber moderne Struktur auf. Auf der linken Seite sind die Optionen wie „General“, „Layout“ und „Keybinds“ angeordnet. Wenn eine dieser Optionen angeklickt wird, werden auf der rechten Seite im großen Kontextfenster alle zugehörigen Eigenschaften und Möglichkeiten angezeigt. Diese übersichtliche Anordnung ermöglicht es den Nutzern, schnell zwischen den verschiedenen Einstellungskategorien zu wechseln und die gewünschten Anpassungen vorzunehmen.

#### General:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Wenn die Option „General“ ausgewählt wird, erhält der Nutzer die Möglichkeit, die Auflösung bzw. „Resolution“ der Anwendung anzupassen. Außerdem kann gewählt werden, ob die Anwendung im „Light Theme“ oder „Black Theme“ genutzt werden soll. Durch das Anklicken der jeweiligen Theme-Option wird diese hervorgehoben, sodass die aktuelle Einstellung klar angezeigt wird. Diese intuitive Gestaltung erleichtert die Anpassung der Benutzeroberfläche entsprechend den individuellen Vorlieben.

#### Layout:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Wenn die Option „Layout“ ausgewählt wird, hat der Nutzer die Möglichkeit, die Anordnung der NanoGUI-Elemente auf dem Hauptbildschirm zu speichern, da diese frei bewegbar sind. Außerdem steht ein Standard-Layout als Vorschlag zur Verfügung, das zu Beginn geladen wird. Dies ermöglicht es den Nutzern, entweder mit der vorgeschlagenen Anordnung zu arbeiten oder ihre eigene, personalisierte Anordnung zu erstellen und abzuspeichern.

#### Key-Binds:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Bei der Option „Key Binds“ hat der Nutzer die Möglichkeit, bereits vorgeschlagene Tastenkombinationen einzusehen und nach seinen Wünschen zu bearbeiten. Darüber hinaus stehen zusätzliche benutzerdefinierte Slots zur Verfügung, sodass der Nutzer auch eigene Tastenkombinationen festlegen kann, falls er spezielle Anforderungen oder Vorlieben hat. Diese Flexibilität ermöglicht eine individuelle Anpassung der Steuerung und verbessert die Benutzererfahrung erheblich.

1. Sources
   1. Contents

Auf unserer [GitHub-Seite](https://github.com/lgndluke/RaytRazor/blob/main/1.%20Projektplanung%20und%20Dokumentation/05_Quellen.md) finden Sie eine Übersicht der Quellen sowie weiterführende Informationen zu unserem Projekt. Dort können Sie den Code einsehen, herunterladen und sich einen detaillierten Einblick in die Implementierung verschaffen.