



TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

Aufgabenstellung

-

*Erzeugung interaktiver Umgebungen für verkörperte digitale
Technologien*

Fakultät
Informatik

Professur
Graphische Datenverarbeitung und Visualisierung

Aufgabentyp
Teamorientiertes Praktikum

Ausgabe der Aufgabenstellung
15. Mai 2023

Studenten

Leon Rollenhagen
Angelique Gräfe

Lisa Neuhaus
Carlo Kretzschmann

Sophie Neuhaus
Linus Thriemer

Prüfer und Betreuer

Prof. Dr. Guido Brunnett
Technische Universität Chemnitz

Tom Uhlmann M.Sc.
Technische Universität Chemnitz

Titel: *Erzeugung interaktiver Umgebungen für verkörperte digitale Technologien*

Vorbetrachtungen und Zielstellungen:

Im Sonderforschungsbereich Hybrid Societies wird die Interaktion von Menschen und verkörperten digitalen Technologien (EDTs) untersucht. EDTs können autonome Fahrzeuge oder Roboter, Service- oder Info-Roboter, virtuelle Charaktere oder Menschen sein, die mit technischen Erweiterungen wie intelligenten Brillen, Prothesen oder Exoskeletten ausgestattet sind. Obwohl uns im täglichen Leben noch wenige dieser Dinge begegnen, ergeben sich viele technische, logistische und soziale Implikationen, welche sich mit dem Einzug solcher Technologien in unseren Alltag ergeben und bereits jetzt untersucht werden sollten. Diese Implikationen betreffen unter anderem die Wahrnehmung, Kommunikation, Interaktion, Umsetzung und den räumlichen Bedarf der jeweiligen Akteure. Die Erforschung dieser Aspekte ist schwierig, da die entsprechenden Geräte und Roboter entweder noch nicht existieren oder sehr teuer sind. Daher ist es praktisch, eine virtuelle Umgebung zu haben, in der diese Aspekte erforscht werden können.

In diesem teamorientierten Praktikum werden Möglichkeiten erforscht und umgesetzt, wie eine lebendige, interaktive Welt erschaffen werden kann, in der ein Nutzer mit EDTs interagieren kann oder die Interaktion von Agenten untereinander und in der Welt beobachten kann. Um dies zu erreichen, müssen die entsprechenden Objekte wie die Welt, die Agenten und die Charaktere erschaffen werden. Zusätzlich müssen die Objekte interagierbar gemacht werden, und die Agenten müssen sich selbständig in der Welt bewegen und mit ihr interagieren können. Der Fokus sollte dabei auf Glaubwürdigkeit und Plausibilität liegen. Das bedeutet, dass Ansätze aus der wissenschaftlichen Literatur und bereits existierende EDTs verwendet werden sollten. Die virtuelle Welt sollte so angelegt sein, dass neue Agenten in die Welt eingefügt oder das Verhalten bestehender Agenten geändert werden kann, um die Auswirkungen zu untersuchen.

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	1
1.1	Projektziel Innenstadt	1
1.2	Minimum Viable Product	2
2	Konzept	3
2.1	Vorbedingungen	3
2.2	Architektur und benötigte Systeme	3
2.3	Entity Component System	4
2.4	Partikelsystem	4
2.5	Multiagentensystem	4
2.5.1	Sensoren	4
2.5.2	Entscheidungsfindung	4
2.5.3	Entscheidungsausführung	5
2.5.4	Bewegungssteuerung	6
2.6	Navigationssystem	6
2.7	Physiksystem	6
2.8	Szenen Editor	6
2.8.1	GLTF als Szenenbeschreibung	7
2.8.2	Eigenes Format zur Szenenbeschreibung	7
2.9	Dialogsystem	8
2.10	Modelle und Szene	8
3	Implementierung	9
3.1	Entity Component System	9

3.2	Multiagenten System	9
3.2.1	Sate Machines	9
3.2.2	Behaviour Tree	9
3.2.3	Steering Behaviour	9
3.3	Partikelsystem	9
3.4	Navigationssystem	9
3.5	Physiksystem	10
3.6	Szenen Editor	10
3.7	Dialogsystem	11
3.8	Modelle und Szene	11
4	Management	13
4.1	Aufgabenverteilung und Arbeitsweise	13
4.2	Analyse der Probleme	14
5	Zusammenfassung & Ausblick	17
A	Nachsätze	19
A.1	Arbeitsaufteilung	19
	Literaturverzeichnis	21

Kapitel 1

Motivation

1.1 Projektziel Innenstadt

Gemeinsam als Gruppe haben wir uns für das Szenario Innenstadt entschieden. Inspiriert von Solarpunk ist es das Ziel ein modernes, menschenorientiertes aber trotzdem platzeffizientes Gelände zu erschaffen. Der Baustil soll modern und luxuriös aber trotzdem mit der Natur verbunden sein. Deswegen möchten wir die Umgebung mit geschwungenen organischen Formen gestalten und verschiedene moderne und klassische Materialien wie Granit, Sandstein, Holz und Glas mit einander verbinden. Die Gebäude sollen über Brücken miteinander verbunden werden, sodass man nicht ins Erdgeschoss zurück gehen muss, um von einem Haus zum nächsten zu gelangen. An allen Fassaden und in den öffentlichen Aufenthaltsbereichen wachsen Pflanzen, um für ein angenehmes Klima zu sorgen.

In dieser Stadt leben Menschen und werden von verschiedenen Robotern im Alltag unterstützt. Die Roboter übernehmen dabei die Arbeit, die nicht erfüllend, stupide oder gefährlich ist. Putzroboter halten Fußböden sauber, entleeren Mülleimer und heben Müll auf. Sie können auch komplexere Oberflächen wie Toiletten, Waschbecken oder Türgriffe reinigen. Essensverkäufer-Roboter arbeiten in Geschäften wie McDonalds, Nordsee oder Subway und nehmen Bestellungen entgegen und bereiten diese zu. Gepäckroboter helfen den Menschen ihre Einkäufe nach Hause zu tragen. Gärtnerroboter gießen Pflanzen, sägen Äste ab und sperren Bereiche ab. Sie arbeiten mit Menschen zusammen, welche Anweisungen geben, welche Äste abgeschnitten werden sollen.

Die Menschen sollen sich möglichst realistisch verhalten und haben ein eigenes Leben mit eigenen Zielen. Die Tagesabläufe von Kinder, Erwachsenen und Rentnern sollen sich je nach den individuellen Bedürfnissen unterscheiden. Diese Menschen interagieren mit den Robotern und arbeiten eng mit ihnen zusammen. Einige Kombinationen könnten zum Beispiel: Koch und Kellnerroboter, Gärtner und Gärtnerroboter oder Händler und Lagerroboter sein. Die Menschen interagieren aber

nicht nur mit Robotern, sondern auch miteinander. Sie gehen gemeinsam Essen, verreisen miteinander und haben sinnvolle, natürliche Unterhaltungen.

Die Menschen haben auch tragbare Computergestützte Systeme, die sie im Alltag begleiten. So kann zum Beispiel eine AR-Brille die Navigation übernehmen und über ein HUD die Wegpunkte direkt in der Welt anzeigen. Zusätzlich können noch weitere Informationen wie Ankünfte, Wartezeiten oder die nächsten Termine dargestellt werden.

1.2 Minimum Viable Product

Das Projektziel ist sehr umfangreich, weswegen wir ein zuerst ein Minimum Viable Product (MVP) erstellen möchten, das inhaltlich stark vereinfacht ist, aber alle Grundideen umsetzt. Der Plan ist zuerst das MVP zu entwickeln und dann aus dem MVP das Projektziel zu verwirklichen.

Die Szene soll aus zwei Plattformen bestehen, die über eine Rampe miteinander verbunden sind. Auf jeder Plattform befinden sich Pflanzen, die von fahrenden Robotern gegossen werden, wenn sie Wasser benötigen. Als Spieler kann man die Roboter fragen, um welche Pflanze es sich handelt.

Obwohl man das Minimum Viable Product in wenigen Sätzen beschreiben kann, sind trotzdem alle wichtigen Aspekte des Projektziels einbegriffen: die Szene ist nicht eben, sondern erstreckt sich über mehrere Plattformen. Als unabhängige Agenten hat man die Roboter, die selbständig Handlungen planen und ausführen. Man kann mit den Robotern Dialoge führen, die sich je nach Zustand der Welt anpassen.

Kapitel 2

Konzept

2.1 Vorbedingungen

Gemeinsam mit unserem Betreuer haben wir uns darauf geeinigt CrossForge zu verwenden. Die Engine unterstützt Windows, Linux und WebAssembly und benutzt nur OpenGL als Grafik API. Sie unterstützt physikalisch basiertes Rendering und Materialien, Deferred und Forward Rendering Pipelines und ein Shadersystem. Aber besonders wichtig für uns sind der Szenengraph, die Skelettanimationen und Text Rendering.

2.2 Architektur und benötigte Systeme

Aus dem MVP-Szenario und der Engine Wahl ergeben sich mehrere Anforderungen, die über verschiedene Systeme gelöst werden können. Die Roboter sind selbständige Agenten, die Entscheidungen treffen und diese auch ausführen sollen. Dieses Problem löst das Multiagentensystem. Sie müssen ihren Weg zur nächsten durstigen Pflanze finden, dafür ist das Navigationssystem zuständig. Die Roboter müssen die Pflanze gießen, was durch ein Partikelsystem visualisiert werden soll. Der Spieler und die Roboter sollen sich auf verschiedenen Plattformen bewegen und von einer zur nächsten laufen können. Zusätzlich sollen die Pflanzen verschiebbar sein. Um diese beiden Sachen zu realisieren, wird ein Physiksystem benötigt. Der Spieler soll sich mit den Robotern unterhalten können, was durch das Dialogsystem abgedeckt wird. Da CrossForge keinen eigenen Szenen Editor hat und die MVP Szene schon zu komplex ist, um diese mit Programmcode zu beschreiben, ist ein Szenen Editor nötig.

Um alle Systeme möglichst flexibel und unabhängig voneinander zu gestalten, haben wir uns für das Entity Component Pattern entschieden.

2.3 Entity Component System

2.4 Partikelsystem

2.5 Multiagentensystem

Das Multiagentensystem ist das Herz unseres Projektes da das Verhalten von allen belebten und unbelebten Agenten von diesem System gesteuert werden sollen. Man unterscheidet zwischen Zentraler KI und Agentenbasierter KI. Bei Zentraler KI werden die Entitäten von einem externen, globalen und allwissenden System gesteuert. Individuen haben deswegen keine Kontrolle über ihre eigenen Handlungen. Zentrale KI wird sehr oft eingesetzt, weil sich damit Gruppendynamiken und taktische Vorgehensweisen einfacher implementieren lassen. Bei Agentenbasierter KI treffen die Agenten unabhängige und individuelle Entscheidungen basierend auf den Informationen, die ihnen bereit stehen. Es gibt zwar trotzdem globale Informationen, die aber nicht dafür missbraucht werden dürfen die Handlungen eines Agenten zu diktieren. Wir haben uns für Agentenbasierte KI entschieden, weil sie für unser Szenario leichter umzusetzen ist. Die Hoffnung ist, dass die Akteure dadurch natürliche Verhaltensweisen und Interaktionen zur Schau stellen.

In verschiedenen GDC [1][2][3] Talks wurde empfohlen, ein KI-System in mehreren Schichten aufzubauen:

- Sensoren
- Entscheidungsfindung
- Entscheidungsausführung
- Bewegungssteuerung

2.5.1 Sensoren

Sensoren sind ein Querschnittskonzept und tauchen deshalb in allen Ebenen auf. Sie filtern Informationen aus der Umgebung und stellen diese der Schicht bereit, in der sie eingesetzt werden. Zusätzlich können Informationen über Blackboards mit anderen Agenten geteilt werden.

2.5.2 Entscheidungsfindung

Für die Entscheidungsfindung standen die folgenden Algorithmen in der näheren Auswahl: Beliefs, Desires, Intentions (BDI), Goal Oriented Action Planning (GOAP) und Finite State Machines (FSM). Am Ende haben wir uns für Finite State Machines

entschieden, weil das das einfachste Verfahren war und vorerst für die Roboter ausreicht.

Eine State Machine ist ein gerichteter Graph mit limitierter Anzahl an Stati und Aktionen. Der Agent wechselt von einem Status in den nächsten, falls eine Bedingung erfüllt ist. In unserer Simulation sollen FSMs für die Roboter eingesetzt werden, um die Stati *Pflanzen gießen*, *Dialog mit Spieler*, *Spieler folgen*, etc abdecken zu können.

2.5.3 Entscheidungsausführung

Wenn der Agent eine Entscheidung getroffen hat, dann lässt sich diese Entscheidung meistens in weitere Teilprozesse zerlegen. Wenn ein Roboter zum Beispiel entschieden hat, dass er jetzt Pflanzen gießt, dann muss er:

- eine durstige Pflanze finden
- zur Pflanze hin fahren
- die Gießkanne zur Pflanze ausrichten
- und schließlich die Pflanze gießen

Diese Sequenz von Handlungen lässt sich nur sehr schlecht mit FSMs darstellen, weswegen dieser Nachteil durch Behaviour Trees ausgeglichen werden soll. Behaviour Trees sind sehr gut darin solche Sequenzen darzustellen oder sogar nebenläufige Handlungen zu beschreiben. Ihr Nachteil ist jedoch, dass sie nur sehr schwierig auf Übergänge von einem Status in den nächsten reagieren können. Ein Beispiel hierfür ist, dass der Spieler den Roboter anspricht und ihn über Pflanzen befragt. Um das mit Behaviour Trees festzustellen, müssen überall Monitore eingebaut werden, die dieses Ereignis erkennen und behandeln. Das macht den Baum unübersichtlich und nicht wartbar. Behaviour Trees und State Machines ergänzen sich also sehr gut.

In Behaviour Trees werden Handlungen durch Knoten beschrieben. Die Knoten können die Stati: *Laufend*, *Fehler* oder *Abgeschlossen* haben. Knoten können dabei über die Bearbeitung ihrer Kindknoten entscheiden. Bei einem Sequenzknoten werden die Kinder von links nach rechts abgearbeitet. Nur wenn der Knoten den Status *Abgeschlossen* hat, wird der rechte Geschwisterknoten aufgerufen. Wenn der Status *Laufend* ist, dann wird der Knoten solange bearbeitet, bis der Status *Abgeschlossen* oder *Fehler* erreicht ist. Bei dem Status *Fehler* wird die Abarbeitung abgebrochen und dieser nach oben propagiert. Der Elternknoten kann dann entscheiden, wie dieser Fehlerstatus behandelt wird. Der Fallbackknoten behandelt den Fehler zum Beispiel, indem er den ersten Kindknoten findet, der nicht fehlschlägt und somit erfolgreich ausführt. Nur wenn alle Kindknoten fehlschlagen, ist der Status des Fallbackknotens *Fehler*.

2.5.4 Bewegungssteuerung

Die Ebene der Bewegungssteuerung ist dafür verantwortlich die Entscheidungen in Beschleunigung, Geschwindigkeit und Rotation umzuwandeln. Dafür haben wir uns Steering Behaviour [5] näher angeschaut. Es gibt verschiedene Bewegungsmuster:

- Seek
- Wander
- Collision Avoidance
- Queue
- ...

Für uns ist vor allem Collision Avoidance in Verbindung mit Seek interessant.

2.6 Navigationssystem

In der Mitte der MVP-Szene befindet sich die Wendeltreppe, weswegen die Roboter nicht immer den direkten Weg zur Pflanze fahren können, weil sie dieses Hindernis beachten müssen. Das Navigationssystem übernimmt die Aufgabe einen Pfad von einem Startpunkt zum Zielpunkt zu finden. Um Zeit zu sparen und uns auf die Hauptaufgabe konzentrieren zu können haben wir uns entschieden die Bibliothek Recast und Detour einzusetzen. Recast berechnet das Navigationsmesh aus der statischen Geometrie und Detour findet zur Laufzeit einen Pfad auf diesem Navigationsmesh. Da das Navigationsmesh nicht dynamisch angepasst werden muss, reicht es aus, wenn man es einmal vor der Kompilierung berechnet, speichert und dann in CrossForge lädt. Die Bibliothek stellt hierfür ein Beispielprogramm bereit, was wir nutzen.

2.7 Physiksystem

Die Entities und der Spieler sollen mit der statischen Szenengeometrie und sich selber kollidieren. Um diese Kollisionen zu erkennen und aufzulösen, ist das Physiksystem nötig. Dafür möchten wir die Bullet Bibliothek einsetzen, da Linus schon einmal den Separating Axis Theorem Algorithmus in 2D implementiert hat und das sich als sehr Zeitaufwändig und Fehleranfällig herausgestellt hat.

2.8 Szenen Editor

Wir benötigen einen Szenen Editor, weil schon bei einer geringen Anzahl an platzierten Entitäten der Code unübersichtlich und schwer zu warten ist. Als alternative

könnten wir die Agenten und Pflanzen prozedural platzieren, was aber ein zu komplexes Gebiet wäre und damit den Rahmen sprengen würde. Selber einen Szenen Editor von Grund auf neu zu schreiben ist keine Option, weil auch das eine riesige Aufgabe ist. Deswegen haben wir uns dazu entschieden die Open Source Software Blender zu verwenden. Blender ist ein mächtiger 3D-Editor den man über Addons erweitern kann. Somit haben wir zwei Möglichkeiten, unsere Szenen zu erstellen und in CrossForge zu laden. Wir können die Szene als GLTF-Datei exportieren und dann die vorhandenen Funktionen in CrossForge erweitern um aus der GLTF-Datei die einzelnen Transformationen für die Entitäten zu extrahieren. Oder wir schreiben ein Addon, welches die Szene nach unseren Anforderungen exportiert.

2.8.1 GLTF als Szenenbeschreibung

Khronos Group veröffentlichte am 19.10.2015 das offene GLTF Format, um dreidimensionale Szenen und Modelle darzustellen. In dem Format können Szenen mit ihren Knoten, Kamerainformationen, Animationen, Texturen, Materialien und natürlich auch Modellinformationen gespeichert werden. CrossForge unterstützt über die Assimp Bibliothek verschiedene Dateiformate, unter anderem auch GLTF.

Die Idee ist, dass alle Entities einer bestimmten Namenskonvention folgen. Die Szene wird als ganzes in das GLTF-Format exportiert und mit Assimp geladen. Assimp hat einen eigenen Szenengraph, den man traversieren kann und wenn man an einem Knoten mit bestimmter Namenskonvention angelangt ist, weiß man, dass es sich um ein Entity handelt. Die Transformation des Knotens wird dann zur Transformation des Entities. Alle Kindknoten können dann zu einem Modell zusammengefasst werden und für die Geometriekomponente des Entities benutzt werden.

Dieser Ansatz hat den Vorteil, dass er Editoragnostisch ist und wir können vorhandenes Wissen über Assimp nutzen. Leider hat diese Variante aber auch große Nachteile: man muss die Änderungen ziemlich tief in CrossForge vornehmen, was sehr viele Code Änderungen nach sich zieht. Der Szenenersteller muss die Knoten im Editor korrekt benennen, weil man sie in CrossForge sonst nicht mehr erkennen kann.

2.8.2 Eigenes Format zur Szenenbeschreibung

Wir können ein Blender Plugin schreiben, was die Transformationen der einzelnen Entities in eine JSON-Datei exportiert. Das Problem ist, dass Blender erkennen muss, was statische Geometrie ist und was Entities sind. Es gibt aber eine Funktion um externe .blend Dateien in die aktuelle zu linken. Jetzt kann man die Regel aufstellen, dass alles, was gelinkt ist ein eigenes Entity ist. Die Vorteile sind, dass keine Eingriffe ins Engine-Innere nötig sind. Da man das Dateiformat selber bestimmen kann, ist die Implementierung auf CrossForge Seite auch sehr simpel. Der Nachteil ist, dass noch niemand von uns ein Blender Addon geschrieben hat und wir deswegen noch

keine Erfahrung in diesem Bereich haben.

2.9 Dialogsystem

2.10 Modelle und Szene

Die Szene und die dazu gehörigen Modelle sind ein essenzieller Teil, um alle anderen Funktionen überhaupt darstellen zu können. Natürlich kann man dafür auch jedes x-beliebige Modell nutzen, wie einen einfachen Würfel. Allerdings hatten wir ein klares Ziel vor Augen, was wir ungefähr darstellen wollen. Wie schon im Abschnitt >Motivation< erklärt, besteht unser MVP aus zwei Plattformen mit jeweils einem Roboter und dazu einige Pflanzen. Der erste und wichtigste Schritt war sich erst einmal zu überlegen, wie unsere Roboter aussehen sollen, da diese unsere ‚Hauptakteure‘ sind. Da die Roboter auch mit dem Spieler agieren, sollten diese eigentlich erst ein eher menschlicheres Design bekommen. Für den Anfang allerdings, sollte es recht einfach gehalten werden. Daher habe ich mich für ein eher ‚simples und knuffiges‘ Design entschieden und verschiedene Überlegungen skizziert. Zusätzlich habe ich mir zum Design noch einige Randnotizen zu eventuellen Funktionen gemacht. >BILD EINFÜGEN< Eine weitere Idee war es, auch um einige Zusatzprogrammierungen zu vermeiden, dass der Roboter schwebt und nicht fährt. Allerdings war dies zu zukunftsorientiert und daher erstmal eher abgelehnt. Bei der finalen Skizze habe ich dann noch einmal das Radsystem überdacht und dieses im Nachhinein noch abgeändert. >BILD EINFÜGEN< Die nächsten Überlegungen gingen an die Pflanzen. Bei diesen habe ich eher etwas spontan, ohne Skizzen, gearbeitet. Es sollte sich um eine einfache Pflanze und eine eher exotische Pflanze handeln, sodass auch etwas Variation darin steckt. Ebenso viel Aufwand im Konzept wie die Roboter, haben die Plattformen und die Szene allgemein eingenommen. Bei diesen habe ich ebenso einige Ideen skizziert und im Nachhinein abgesprochen. Anfangs habe ich direkt zukunftsorientiert gedacht und eher ausgebautere Szenen skizziert. >BILD EINFÜGEN< Speziell ans MVP basiert minimierte ich dann die Skizzen und überlegte mir eine ganz andere Form, was letztlich nach einigen Änderungen auch die finale Form wurde. >BILD EINFÜGEN< Im späteren Verlauf forderten die Modelle natürlich auch Texturen. Zu diesem Punkt gehe ich dann im Teil >Implementierung< nochmal näher ein.

Kapitel 3

Implementierung

3.1 Entity Component System

3.2 Multiagenten System

3.2.1 State Machines

Wir haben noch keine State Machines für den Roboter implementiert, weil der Roboter sich nur in den zwei Zuständen Pflanzen gießen und Mit Spieler reden befinden kann. Diese Funktionalität kann über ein einfaches if-else abgedeckt werden und deswegen sind State Machines noch nicht nötig.

3.2.2 Behaviour Tree

3.2.3 Steering Behaviour

3.3 Partikelsystem

3.4 Navigationssystem

Um einen Pfad für ein Entity zu finden, muss man dem Entity eine PathRequest-Component mit Start und Ziel hinzufügen. Das Navigationssystem liest die Daten aus dem Request aus, entfernt diesen und fügt stattdessen eine PathComponent mit dem gefundenen Pfad hinzu.

Um einen Pfad von einem Startpunkt zu einem Zielpunkt zu finden, sind drei Schritte nötig. Zuerst muss man die Navigationsnetzpolygone finden, auf denen Start und Ziel liegen. Danach sucht man die Polygone, die Start- und Zielpolygon verbinden

und zum Schluss kann man diese Liste an Polygonen zu einem Pfad aus Punkten umwandeln.

3.5 Physiksystem

Die ECS-Bibliothek Flecs unterstützt Entity Event Listener, sogenannte Observer. Man kann eine Callbackfunktion definieren die gerufen wird, wenn eine Komponente eines Entities hinzugefügt, modifiziert oder entfernt wird. Das Physiksystemsystem nutzt zwei Observer: ein Observer überwacht, wenn eine Physikkomponente zu einem Entity hinzugefügt wird und fügt den enthaltenen Rigidbody auch in die Physikwelt ein. Der zweite Observer wird gerufen, wenn ein Entity aus der Welt entfernt wird, welches eine Physikkomponente besitzt. In dem Fall wird auch der dazugehörige Rigidbody aus der Physikwelt entfernt.

Theoretisch benötigen wir nur die Kollisionserkennung und -auflösung von Bullet. Aber es war deutlich schwerer diese beiden Funktionen getrennt von der Physiksimulation zu rufen als die Physikwelt und die ECS-Welt zu synchronisieren. Deswegen funktioniert die Kollisionserkennung und -auflösung jetzt in drei Schritten. Zuerst werden alle Entities mit Physikkomponente und Transformationskomponente gesucht und die Geschwindigkeit und Position der Transformationskomponente auf den Rigidbody der Physikkomponente übertragen. Dann wird die Simulation der Physikwelt mit dem jetzigen Zeitschritt gerufen. Zum Schluss wird die Geschwindigkeit und Position des Rigidbodies wieder in die Transformationskomponente geschrieben.

Die Plattformen, Zäune und Wendeltreppe sind statische Geometrie und zusätzlich noch Konkav. Deswegen haben diese mit einem Dreieckskollider repräsentiert. Dabei wird einfach das 3D-Modell der statischen Geometrie als Collider benutzt.

Alle Entities haben Kapsel Collider anstatt Zylinder Collider, da diese an den Dreieckskanten der statischen Geometrie hängen geblieben sind.

3.6 Szenen Editor

Die Assimp Variante hat nicht funktioniert, weil die Eingriffe zu tief in der Engine vorgenommen werden mussten. Außerdem war das Abstraktionslevel zu gering: wenn man nur Knoten hat ist es schwer Entities zu erkennen.

Das Blender Plugin wurde in Python programmiert und man hat Zugriff auf alle Optionen, auf die man auch im Editor Zugriff hat. Um jetzt die Entities zu exportieren, wurde über alle Objekte der Szene iteriert und überprüft, ob diese gelinkt sind. Wenn das der Fall ist, dann wurde die Transformation, der Name und der Name der Modelldatei in eine JSON-Datei geschrieben. Um jetzt auch noch die statische Geometrie zu exportieren, wurden alle gelinkten Objekte unsichtbar gemacht und nur die sichtbaren Modelle wurden exportiert. Alle unsichtbaren Objekte wurden

anschließend wieder sichtbar gemacht.

In CrossForge wurde dann die JSON-Datei geladen und für jeden Eintrag wurde ein entsprechendes Entity zu Welt hinzugefügt.

3.7 Dialogsystem

3.8 Modelle und Szene

Wie bereits im >Konzept< beschrieben ging die Anfangszeit in die Konzeptbearbeitung hinein. Ebenso hat es etwas Zeit in Anspruch genommen sich in Blender einzuarbeiten. Alle Modelle wurden mehrmals modelliert aufgrund von verschiedenen Problemen, wie z.B. Designunklarheiten, zu viele Polygone innerhalb des Models aufgrund zu vieler Details oder falscher Vorgehensweise, oder anderen Extras etc. >BILD EINFÜGEN ersten robomodels, ersten blätter mit wireframe< Die Modelle wurden via Blender hergestellt und die jeweils dazugehörigen Texturen wurden selbstständig auf dem iPad mit ProCreate gezeichnet. Der Roboter wurde grundsätzlich aus einfachen Zylindern modelliert und entsprechend angepasst. Die Grundüberlegung bei diesem war es, dass er nicht zu klassisch ‚standartrobotermäßig‘ aussieht, da man mit ihm kommunizieren kann. Die Solarplatte auf seinem Kopf wurde mit der Intension bzw. Überlegung integriert, dass er sich über die Sonne aufladen kann. Der Arm soll einen Schlauch darstellen, mit dem die Pflanzen gegossen werden können. Alle einzelnen Objekte, bis auf den Schlauch, wurden zum Schluss zusammen gemerged. Der Schlauch blieb als einzelnes Objekt, da er im späteren Verlauf animierbar sein soll. Was die Texturen angeht, wurden bis auf die Solarplatte, alle direkt in Blender via Geometry Nodes eingestellt. Daher bekam der Körper den metallischen, und die Räder den gummiartigen Look. Die Solarplatte wurde in ProCreate selbst gezeichnet und im UV-Editor eingefügt und angepasst. Nach Absprachen mit dem Team entstand dann unser Roboter wie man ihn aktuell im MVP sehen kann. >BILD EINFÜGEN< Die beiden Pflanzen sind relativ frei aus dem Kopf entstanden. Die einzigen Überlegungen dabei waren es, zwei unterschiedliche Pflanzen zu haben. Bei beiden entstanden die Blumentöpfe aus einfachen Zylindern. Der Stiel der kleineren Pflanze entstand anfangs erst aus einem einfachen Mesh mit verschiedenen Einstellungen der Geometry Nodes [1]. Diese Variante wurde allerdings verworfen und dann doch vereinfacht. Die Blätter, welche anfangs relativ 3D-getreu, aber zu detailliert waren bestehen jetzt nur noch aus zwei einfachen 2D-Texturen. Alle Texturen, sowohl Blätter als auch die Töpfe mit Erde, wurden in ProCreate selbstständig erstellt. Der erste versuch bestand daraus, die Modelle in ProCreate zu importieren und direkt darauf zu zeichnen. Diese Texturen hätten dann in Blender ganz einfach importiert werden können. Allerdings funktionierte diese Variante nicht ganz so wie erhofft, weswegen die Texturen dann einfach 2D gezeichnet wurden, und dann via UV-Mapping in Blender angepasst wurden. Wie auch bei dem Roboter wurden die Pflanzen nach Absprache mit dem Team abgesegnet und ins MVP aufgenommen.

>BILD EINFÜGEN< Die größere Hürde waren die Plattformen und deren Design. Wie bereits im Konzept beschrieben, entstanden da anfangs verschiedene Ideen. Beide Plattformen entstanden letzten Endes frei Hand und dazu eine etwas ausgefallene Verbindung zwischen eben diesen Beiden. Damit die Roboter sich im Notfall auch zwischen den beiden Plattformen bewegen können, entstand dazu mit Inspiration noch eine Rampe um die Säule herum [2]. Damit sowohl die Rampe als auch die Plattformen etwas sicherer sind, bekamen diese noch jeweils einen Zaun und ein Geländer herum. Auch hier entstanden alle Texturen via ProCreate aus eigener Hand. Dieses Modell wurde ebenso mit dem Team abgesprochen, bevor es final war. >BILD EINFÜGEN< Am Ende wurde leider etwas zu spät aufgefallen, dass die Rampe breiter sein sollte, für den Fall, dass beide Roboter gleichzeitig die Ebenen wechseln wollen und sich auf der Rampe treffen. Zum aktuellen Zeitpunkt ist dort leider kein Platz zum Ausweichen und einer der Roboter driftet ab. Nachdem alle Modelle fertig waren, wurden diese in der Szene zusammengesetzt und weitestgehend angepasst. Das Ganze wurde dann mithilfe eines Dropper Addon ins Projekt geladen. Hier gab es Anfangs einige Probleme und Unklarheiten, welche aber letzten Endes mit Hilfe des Teamleiters gelöst wurden. Um die Zusammenarbeit zwischen den Modellen und den restlichen Programmieraufgaben, wie das Navigationssystem, zu verbessern, wurden die Modelle in ‚linked‘ (Pflanzen und Roboter) und ‚static‘ (Plattformen co) eingeteilt. Als die Szene an sich so weit fertig war und auch im Projekt geladen war, gab es nur noch ein paar generelle Probleme zu lösen, was Texturen und einige Ordnerstrukturen anging. Die nächste Aufgabe galt dann eigentlich die MVP-Szene weiter auszubauen und aufzuhübschen. Hierfür entstanden über ein neues Addon zwei Bäume und ein Haus. Auch hier wurden sowohl für die Bäume als auch für das Haus alle Texturen über ProCreate erstellt, wobei das Haus noch nicht ganz fertig war. >BILD EINFÜGEN< Aufgrund des Zeitlimits wurde der Ausbau der Szene allerdings vorzeitig abgebrochen.

Kapitel 4

Management

Unser Praktikumsteam bestand aus sechs Personen mit unterschiedlichen Wissensständen, weswegen ich die Aufgaben generell nach Schwierigkeit und Fähigkeiten der Bearbeiter verteilt habe. Angelique bricht ihr Informatikstudium ab und bekommt deshalb die kreative Aufgabe die Modelle und die Szene zu erstellen. Lisa und Sophie haben noch sehr wenig Erfahrung und sollten deshalb die einfachsten Themen angehen. Leon auch noch wenig Erfahrung aber dafür eine gewisse Leidenschaft. Mittelschwere bis schwere Aufgaben hat er ohne Widerstand in Angriff genommen. Carlo und ich haben die meiste Erfahrung und arbeiten auch schon mehrere Stunden in der Woche als Werkstudenten. Deswegen haben wir uns auf die schwersten Probleme fokussiert.

Als Team haben uns darauf geeinigt mindestens sechs Stunden in der Woche dem Teamorientierten Praktikum zu widmen, da mehr neben Studium und Arbeit nicht möglich war. Deswegen haben wir uns auch gegen einen Scrum Prozess entschieden, weil die Retros, Plannings und Sprintwechsel zu viel Zeit in Anspruch nehmen. Um uns zu organisieren wollten wir Jira einsetzen, jedoch hat die Software niemand wirklich benutzt. Da der Fortschritt langsam war konnte man auch ohne Hilfsmittel sehr gut den Überblick darüber behalten, wer an was gearbeitet hat. Wir haben uns einmal in der Woche, entweder über Discord oder in Präsenz, getroffen um uns zum Projektfortschritt zu synchronisieren.

4.1 Aufgabenverteilung und Arbeitsweise

Initial habe ich die Aufgaben wie folgt verteilt: Lisa implementiert das Dialogsystem, Sophie den Szeneneditor und ich das Multiagentensystem. Leon sucht eine ECS-Bibliothek und integriert diese und Carlo beschäftigt sich mit dem Navigationssystem.

Da die meisten mit ihrer Aufgabe überfordert waren und nicht wussten, wo sie anfangen sollten habe ich mit Lisa, Sophie und Leon jeweils eine Stunde in der Woche

eine Pair-Coding-Session gehalten. Das hatte den großen Vorteil, dass ich dann genau wusste, wer welchen Fortschritt hat. Dem gegenüber standen zwei große Nachteile. Erstens konnte ich somit keine Features implementieren, weil meine sechs Stunden voll mit Pair Coding und Management waren und zweitens ist es sehr verlockend bei jeder kleinen Hürde aufzugeben und auf das nächste Pair Coding zu warten, weil es dort ja sowieso gelöst wird. Zu diesem Zeitpunkt war Leon mit der Integration von Flec und ich mit dem Konzept des Multiagentensystems fertig, sodass ich entschied, dass Leon die Implementierung von diesem übernehmen kann.

In den Pair Coding Sessions haben wir gute Fortschritte mit dem Dialog- und Multiagentensystem gemacht. Die Aufgabe mit dem Szeneneditor bereitete Sophie keine Freude und sie hat auch nicht verstanden, welche Schritte nötig sind und warum. Deswegen habe ich eigentlich nur diktiert, was sie schreiben soll. Das hat uns beiden jedoch keinen Spaß bereitet, weswegen wir zu dritt entschieden haben, dass es besser ist, wenn ich den Szeneneditor alleine fertig machen. Sophie hat als nächstes Lisa mit beim Dialogsystem unterstützt.

In den Sommerferien haben wir die Pair Coding Sessions aufgrund von Prüfungen und Urlauben pausiert. Nach den Sommerferien habe ich eine Retrospektive vorbereitet und mit dem gesamten Team durchgeführt. Dabei haben sich verschiedene bevorzugte Arbeitsweisen heraus kristallisiert. Während Leon die Pair Coding Sessions bevorzugt und weiter führen möchte, sagen Lisa und Sophie, dass sie ihnen wenig bringen und eigenständig weiter arbeiten möchten. Auf diese Art und Weise haben wir dann auch bis zum Ende weiter gearbeitet.

4.2 Analyse der Probleme

Das Dialogsystem, an dem Lisa und Sophie gearbeitet haben, wurde nicht rechtzeitig fertig weil es noch in das ECS integriert werden musste und das eine sehr zeitaufwendige Aufgabe ist. Generell habe ich darauf geachtet, dass sich die einzelnen Feature Branches nicht zu weit voneinander entfernen. Deswegen habe ich am 09.10.2023 alle Branches in den Master gemerged und danach den Master wieder in alle Featurebranches. Damit war der komplette Projektstand synchronisiert und die beiden hätten anfangen können das Dialogsystem in das Entity Component System zu integrieren. Wir haben aber gemeinsam entschieden, dass wir noch Zeit haben und das Dialogsystem zuerst fertig gestellt werden soll. Die beiden haben dann am 05.12.2023 begonnen das Dialogsystem in das Entity Component System zu integrieren, sind jedoch nicht fertig geworden. Rückblickend wäre es sinnvoller gewesen zuerst die Integration zu machen und danach das Dialogsystem fertig zu stellen.

Carlo hat das Praktikum vor der Bewertung abgebrochen, weil er nicht genügend Zeit hatte, um einen sinnvollen Beitrag zu leisten. Er war der mit der meisten C++ Erfahrung und arbeitet 18 Stunden in der Woche als Werkstudent, weswegen er die

Aufgabe mit der größten Unsicherheit an Komplexität lösen sollte. Seine Aufgabe war das Pathfinding System in CrossForge zu integrieren. Aufgrund von Studium, Arbeit, Umzug, Problemen mit seiner Entwicklungsumgebung und mäßiger Dokumentation von Detour hat er nur sehr langsam Fortschritt gemacht. Bei der Retrospektive haben wir über diese Probleme gesprochen und ich habe ihm vorgeschlagen eine andere, leichtere Aufgabe zu übernehmen. Er wollte nochmal einen Anlauf wagen hat aber dann nach zwei Wochen mein Angebot angenommen. Ich habe seine Aufgabe übernommen und er sollte als nächstes das Partikelsystem implementieren. Durch seine kontinuierlichen IDE Probleme hat er aber die Lust am programmieren verloren. Das Partikelsystem hat dann Leon implementiert und Carlo sollte ab 12.12.2023 Angelique bei den Modellen und einer hübscheren Szene helfen. Er hat in der Woche vor Weihnachten noch die bestehende Szene ein wenig verbessert. Dann waren Weihnachtsferien und im Januar haben wir uns voll dem Bericht schreiben gewidmet. Somit hatte Carlo keine Chance mehr, genug zum Projekt beizutragen, um das Praktikum zu bestehen.

Projektmanagement ist als Student schwer, weil man auf die intrinsische Motivation der Teammitglieder hoffen muss. Manager in der Industrie haben richtige Druckmittel (Mitarbeiter feuern) oder extrinsische Motivation (Lohn). Beides kann ich als studentischer Leiter nicht einsetzen. Zusätzlich ist es auch so, dass harte Arbeit und Engagement mit noch mehr Arbeit bestraft wird, weil sich diese Person als verlässlich herausgestellt hat. Es lohnt sich für Gruppenarbeiten also mehr, wenn man nichts macht, weil man am Ende doch immer besteht.

Kapitel 5

Zusammenfassung & Ausblick

Die Zusammenfassung ist häufig das erste, was nach dem Titel einer Arbeit gelesen wird. Es sollte ein kurzer (circa eine Seite) Überblick über das Erreichte gegeben werden ohne sich in Details zu verlieren.

Im Ergebniskapitel wurden vielleicht Schwächen der Implementierung oder auch des Konzeptes aufgezeigt. Im Ausblick können hier nun Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, die sich im Verlauf der Bearbeitung nicht umsetzen ließen. Es sollten fundierte Lösungskonzepte erarbeitet werden. Weiterhin können anschließende Arbeiten in angrenzenden Gebieten vorgeschlagen werden.

In diesem Teamorientierten Praktikum haben wir grundlegende Systeme geschaffen, um Multiagentensimulationen durchzuführen.

- detour anbindung - flexiblen KI-Stack - physiksystem - Szeneneditor

Anhang A

Nachsätze

A.1 Arbeitsaufteilung

- Angelique: Modelle
- Lisa und Sophie: Dialogsystem
- Leon:
 - Anbindung von Entity Component System: Flecs
 - Implementierung vom Multiagentensystem
 - Konzept und Implementierung Partikelsystem
- Linus:
 - Projekt Management
 - Architektur
 - Konzept Multiagentensystem
 - Konzept und Implementierung von Navigationssystem, Physiksystem, Szenen Editor

Metric	Leon	Sophie	Carlo	Lisa	Linus	Angelique
Insertions	1.877 (7%)	341 (1%)	296 (1%)	140 (0%)	23.092 (82%)	2.305 (8%)
Deletions	1.010 (20%)	143 (3%)	6 (0%)	43 (1%)	3.775 (76%)	3 (0%)
Files	141 (35%)	16 (4%)	2 (0%)	6 (1%)	230 (57%)	7 (2%)
Commits	39 (33%)	6 (5%)	3 (3%)	2 (2%)	64 (55%)	3 (3%)
Lines changed	2.887 (9%)	484 (1%)	302 (1%)	183 (1%)	26.869 (81%)	2.308 (7%)

Abbildung A.1: Arbeitsverteilung anhand Git Historie im Zeitraum von 01.06.2023 bis 22.01.2024. Github Nutzernamen durch Klarnamen ersetzt

Literatur

- [19] *AI Arborist: Proper Cultivation and Care for Your Behavior Trees*. Mai 2019. URL: https://www.youtube.com/watch?v=Qq_xX1JCreI.
- [22] *Game AI Basics*. Apr. 2022. URL: https://www.youtube.com/live/G5A0-_4dFLg?feature=share&t=7129.
- [23] *How does videogame AI make its decisions? (FSM, Behaviour Trees, BDI, GOAP) | Bitwise*. Jan. 2023. URL: https://www.youtube.com/watch?v=ValJk15l_y8.
- [Arz] Arzzen. *Arzzen/Git-Quick-Stats: git quick statistics is a simple and efficient way to access various statistics in git repository*. URL: <https://github.com/arzzen/git-quick-stats>.
- [Rey02] Craig Reynolds. „Steering Behaviors For Autonomous Characters“. In: (Juni 2002).