

# Bachelorthesis

## Konzeption und Umsetzung von Matchmaking Architekturen in Online-Spielen

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science

eingereicht im Fachbereich Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik an der  
Technischen Hochschule Mittelhessen

von

Leon Schäfer

4. Januar 2022

Referent: Dr. Dennis Priefer Korreferent: < noch nicht festgelegt >



# Erklärung der Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie die Zitate deutlich kenntlich gemacht zu haben.

Gießen, den 4. Januar 2022

Leon Schäfer



Abstract:

Der Einstieg in die Multiplayer-Spieleprogrammierung gestaltet sich für angehende Entwickler als schwierig. Ein erstes eigenes Projekt umzusetzen erfordert viel Einarbeitung und es gibt viele Einstiegshürden. Insbesondere der Teil des Matchmakings ist ohne Budget oft schwierig umzusetzen. Es gibt schlichtweg zu wenig Einstiegshilfen in diesem Teil, da jedes Spiel sehr individuelle Anforderungen mit sich bringt.

Das Ziel dieser Arbeit ist, eine Einstiegshilfe für das Matchmaking in Multiplayer-Projekten zu geben. Hierzu wird eine abstrakte Vorlage konstruiert, welche auf viele Multiplayer Use-Cases anwendbar ist.

Dazu wurden abstrahierte Konzepte erstellt, welche das Matchmaking in Multiplayer-Spielen abbilden und auf möglichst viele Spiele anwendbar sein sollen. Diese Konzepte bestehenden aus einzelnen Software-Komponenten, welche selbst noch keine konkrete Implementierungsvorgabe sind, sondern lediglich das Konzept der Komponente abstrakt beschreiben.

Als Proof of Concept wurden die beschriebenen Konzepte anhand einer Implementierung in einem Multiplayer-Spiel in der Unity Engine, mithilfe des Mirror Frameworks implementiert.

Ideensammlung für Gliederung::

## 1. Einführung:

Matchmaking -> Moderne Matchmaking-Architekturen/Algorithmen von heute (Beispiele) -> Elo-Zahl basiertes Matchmaking (Rangliste) + Lobby -> Generell: Parameter-basiertes Matchmaking -> Server Browser -> Lobbys -> ... -> Implementierungsbeispiele der "realen Welt"

## 2. Ableitbare Konzepte:

-> Offline/Online Verwaltung durch Network-Manager -> verwaltet u.a. Abbruchbedingungen (Manuell / Automatisch) für Client und Server -> Lobby-Manager (Verwaltung der Spieler in Lobby-Szenen) (optional) -> Prepare-InGame-Manager (Initialisierung v. Spawn Punkten, Objektspawn v. abh. Objekten) -> In-Game-Player-Manager (Verwaltung der Spieler in Spiel-Szenen) -> In-Game-Object-Manager (Verwaltung v. Objekt und Spieler-Respawn) -> In-Game-Progress-Manager (Verwaltung v. Spielfortschritt, u.a. zuständig für Spielbeendigung) -> Dieser ist ebenfalls dafür zuständig, nach Beendigung einer Spiel-Session die Spieler in die offline-Szene oder zurück in ihre "Lobby-Szene" zu

---

befördern. Sollte die Implementierung eine Online-Lobby unterstützen, übernimmt im Anschluss wieder der "Pre-Game-Player-Manager"

-> HTTP Server / REST API / Dedicated Server -> Unterscheidung Hosting (Client Host / Dedicated Server Host) -> Einordnung der generalisierten Konzepte für das Matchmaking

### 3. Implementierung 1 :

Genutzte Frameworks / Technologien

Grundlagen des Mirror Frameworks: -> worauf basiert es eigentlich? -> Auszug Features | diese erklären. -> Network-Manager -> NetworkManager Callbacks -> Network Identity / Network Behavior / Network Transform -> Network Behavior Callbacks -> Server und Clientcode in einer Datei -> Dedicated Server vs. Self-Host -> Synchronization -> Remote Actions -> Player Game Objects -> Anticheat -> Transports

### 4. Implementierung 2:

-> Beispiel Implementierung Matchmaking System (Hide n seek) 5. Abschluss:

# Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Problembeschreibung und Motivation . . . . .	1
1.2	Ziele dieser Arbeit . . . . .	2
1.3	Vorgehensweise . . . . .	3
1.4	Abgrenzung . . . . .	3
1.5	Struktur der Arbeit . . . . .	4
2	Hintergrund	5
2.1	Grundlagen des Networkings in Online-Videospielen . . . . .	5
2.2	Verschiedene Arten des Hostings . . . . .	5
2.3	Datenspeicherung und Transfer . . . . .	7
2.4	Kontrolle des Spielflusses . . . . .	9
2.5	Matchmaking . . . . .	9
3	Konzepte	11
4	Realisierung	13
5	Zusammenfassung	15
5.1	Fazit . . . . .	15
5.2	Auswertung . . . . .	15
5.3	Weitere Ansätze . . . . .	15
5.4	Nächste Schritte . . . . .	15
5.5	Ausblick . . . . .	15
	Literaturverzeichnis	17
	Abkürzungsverzeichnis	18
	Abbildungsverzeichnis	19
	Tabellenverzeichnis	21
	Listings	23
A	Anhang 1	25





# 1 Einführung

Die Spieleindustrie ist im Wandel. Reine Singleplayer-Spiele, die ohne andere menschliche Mitspieler auskommen, werden immer seltener entwickelt. Die Erfolgsaussichten erscheinen um ein Vielfaches schlechter. Die drei bestplatzierten Titel der meistverkauften PC- und Konsolenspiele 2019 (FIFA 2020, Call of Duty: Modern Warfare und Mario Kart 8 Deluxe) in Deutschland enthalten einen großen Multiplayer-Anteil.[gam20]

Deutlicher wird der Trend, wenn die Statistik der meistgespielten Titel auf der Online-Spiele-Vertriebsplattform Steam betrachtet wird. Das mit Abstand meistgespielte Spiel 2020 ist das Multiplayer-First-Person-Shooter Spiel 'Counter-Strike: Global Offensive' gefolgt von 'DOTA 2' auf Platz 2. Beide Spiele sind reine Multiplayer-Titel.[Git21]

Einer internationalen Umfrage zufolge geben 60% der Befragten an, seit Beginn der Corona Pandemie mehr Multiplayer-Videospiele zu spielen. [Sim20]

Wegen der Marktentwicklung ist es für angehende Entwickler, welche in der Spieleindustrie Fuß fassen möchten, auf lange Sicht eine gute Entscheidung, sich mit dem Bereich Multiplayer-Spieleentwicklung auseinanderzusetzen.

## 1.1 Problembeschreibung und Motivation

Konzeption und Entwicklung von Online-Multiplayer-Spielen stellt angehende Entwickler vor große Herausforderungen. Einer der Hauptunterschiede zwischen einem Multiplayer- und einem Einzelspieler-Spiel ist, dass eine Spielumgebung unabhängig von einem Spieler existiert. Beispielsweise benötigt das Versenden von Nachrichten über das Internet eine gewisse Zeit. Der Entwickler muss also herausfinden, wie man mit asynchroner Kommunikation, Clients und Servern umgeht. Ebenso stoßen Entwickler vor Probleme wie Hosting, Matchmaking und Datenverwaltung. [Pay19]

Die Einstiegshürden sind groß, der Dschungel an Technologien und Frameworks unübersichtlich. [MFa21]

Einheitliche Vorgehensmodelle und Best-Practises gibt es nicht oder beziehen sich stets auf eine spezielle Art von Spieltyp. Das Thema Hosting ist ebenfalls ein komplexer

Aspekt eines solchen Projekts, welcher von Anfängern oft nicht sofort durchschaut wird. Durch erste Projekterfahrung gewinnen die Entwickler nach und nach das Know-How, ohne ein erfahrenes Team sind die Chancen auf Misserfolg jedoch hoch. [Pay19]

Die Motivation für diese Arbeit war es diese Probleme zu untersuchen und Lösungsmöglichkeiten anhand von praktischen Konzepten zu schaffen. Angehende Entwickler können diese Konzepte in ihrem Praxisprojekt ausprobieren und idealerweise davon profitieren.

### 1.2 Ziele dieser Arbeit

Die Arbeit setzt sich folgende Ziele:

Um einen einfachen Einstieg in die Multiplayer-Spieleentwicklung zu gewährleisten, beschäftigt sich diese Arbeit mit einigen Grundlagen und bietet Ansätze, die Entwicklern einen Vorteil bei der Gestaltung ihrer Software-Architektur bringen soll.

Ein Entwickler soll außerdem nach dem Studium dieser Arbeit eine konkrete Vorstellung davon besitzen, welche Voraussetzungen ein Framework oder eine Game-Engine erfüllen muss, damit die Konzepte möglichst leicht umzusetzen sind.

Die Arbeit soll eine Blaupause liefern, welche andere Entwickler nutzen können, um einen leichteren Einstieg in ein Multiplayer-Projekt zu gewährleisten. Diese Blaupause soll allerdings derart generisch sein, dass sie unabhängig von einem konkreten Implementierungskontext funktioniert. Die beschriebenen Konzepte sollen auf möglichst viele Szenarien anwendbar sein. Der Fokus hier soll auf dem Matchmaking liegen. Auf den Begriff Matchmaking wird zu einem späteren Zeitpunkt genauer eingegangen.

Durch die Konzepte sollen verschiedene Use cases in der Multiplayer-Spieleprogrammierung abgedeckt werden. Beispiele sind das Aufbauen und Trennen von Client/Server Verbindungen, Matchmaking und Spielerverwaltung.

Als 'Proof-of-Concept' soll ein Prototyp eines Hide-and-Seek Multiplayer-Spiels dienen, welches sich an den abstrahierten Konzepten orientiert, bzw. diese implementiert.

Folgende Forschungsfragen soll die Arbeit beantworten:

F1: Können durch die Untersuchung der beschriebenen Probleme Konzepte abgeleitet werden, die das Potential haben, diese Probleme zu lösen beziehungsweise zu vereinfachen?

F2: Welche Einstiegshürden gibt es? Wobei würden sich angehende Entwickler mehr Unterstützung wünschen?

## 1.3 Vorgehensweise

F1 soll wie folgt beantwortet werden:

Zunächst wird die Problemstellung anhand von Literatur und Internetquellen aufgezeigt und erläutert.

Aus der bisher gesammelten Praxiserfahrung und gefundenen Literatur werden Konzepte abstrahiert, welche jeweils einen bestimmten Einsatzzweck erfüllen sollen. Hierbei wurde auf Implementierungsdetails verzichtet und lediglich ein generelles Konzept erarbeitet, an welchem der Entwickler sich während des Implementierungsprozesses orientieren kann.

Jedes dieser Konzepte wurde in einem Prototyp umgesetzt, welche im Kapitel Realisierung näher vorgestellt wird.

F2 soll wie folgt beantwortet werden:

Parallel wird begonnen, eine Umfrage zu erstellen. Dieser beinhaltet konkrete Fragen an Multiplayer-Spieleentwickler. Die Fragen beziehen sich besonders auf mögliche Einstiegsschwierigkeiten bei der Multiplayer-Spieleentwicklung. Es werden angehende Entwickler in der Industrie sowie an der Hochschule befragt. Diese Umfrage wird gegen Ende der Arbeit ausgewertet.

## 1.4 Abgrenzung

Die Arbeit ist jedoch keine Schritt-für-Schritt Anleitung für Multiplayer-Spieleprojekte. Implementierungsdetails müssen von einem Entwickler, welcher diese Arbeit als Hilfsmittel nutzt, selbstständig konzipiert und umgesetzt werden. Es wird außerdem lediglich auf Spielkonzepte Rücksicht genommen (insbesondere Matchmaking), welche in der heutigen Industrie gängig sind [Wik]. Es ist durchaus denkbar, dass zukünftige Multiplayer/Matchmaking Architekturen nicht mehr mit den hier beschriebenen Konzepten umzusetzen sind.

Es ist außerdem nicht final bewiesen, dass die beschriebenen Methoden tatsächlich einen Mehrwert bei unterschiedlichen Projekten bieten. Die Konzepte wurden lediglich an einem Prototyp getestet und validiert. Um zu testen, ob die Konzepte auch praxistauglich

für verschiedene Arten von Projekten sind, muss eine weitergehende Untersuchung stattfinden.

Die erarbeiteten Konzepte sind außerdem unabhängig von einer Game-Engine oder einem Framework. Durchaus ist es aber möglich, dass ein bestehendes Framework oder eine Game-Engine Hilfestellung bei der Implementierung der Konzepte bietet.

### 1.5 Struktur der Arbeit

Diese Arbeit besteht aus der Einführung, in welcher die generelle Problemstellung erläutert, und die Forschungsfragen gestellt wurden. Ebenfalls wurde die Relevanz des Themengebiets verdeutlicht und eingeordnet.

Im Anschluss wird der Hintergrund erklärt, dort sind alle Informationen zu finden, um die späteren Konzepte zu verstehen. Hier werden ebenfalls Begrifflichkeiten und Grundlagen erläutert.

Das Kapitel Konzepte behandelt nun die erarbeiteten Konzepte, welche in Summe die oben beschriebene Blaupause abbilden. Es wird auf jedes einzelne Konzept im Detail eingegangen und genauer erklärt.

Anschließend werden die beschriebenen Konzepte in einem Prototyp umgesetzt, dieser wird im Kapitel Realisierung näher erklärt. In diesem Kapitel befindet sich kommentierter Beispielcode aus dem umgesetzten Prototyp um einen besseren Eindruck der gelösten Probleme zu bekommen.

In der Zusammenfassung werden die Ergebnisse der Arbeit beleuchtet und ein Ausblick aufgezeigt.

## 2 Hintergrund

### 2.1 Grundlagen des Networkings in Online-Videospielen

Die Grundlagen des Networkings in Videospielen lassen sich in zwei große Bereiche kategorisieren. Die physische und die logische Plattform.

Die physische Plattform setzt sich aus den physikalischen Komponenten zusammen, die zusammen eine Infrastruktur bilden. Hierzu zählt Hardware, welche in Rechenzentren eingesetzt wird, das lokale Endgerät wie z.B. ein Smartphone oder ein Personal Computer. Ebenfalls zählen Kabelleitungen und drahtlose Übertragungswege dazu.

Online-Videospiele sind aus technischer Sicht auch nichts anderes als Anwendungen die miteinander kommunizieren. Die physischen Restriktionen wie Bandweite und Latenz können also ebenfalls auf den Kontext der Multiplayer-Spiele angewendet werden. Die Menge der Informationen, welche über ein Netzwerk versendet werden kann je nach Spieltyp sehr hoch skalieren, weshalb sich die Entwickler eines Multiplayer-Spiels intensiv mit der logischen Plattform beschäftigen müssen.

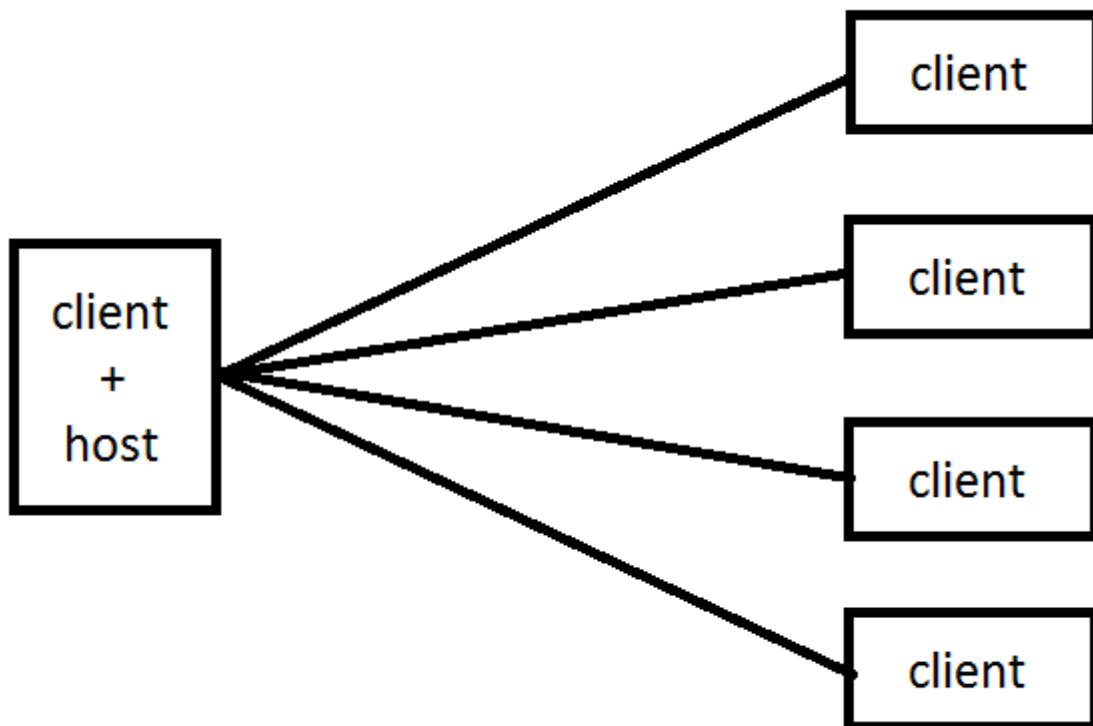
Die logische Plattform baut auf der physischen Plattform auf und nutzt ihre Ressourcen. Die logische Plattform eines Online-Multiplayer Spiels kann unterteilt werden in Kommunikation zwischen Clients und Server, Datenspeicherung und Transfer, und Kontrolle des Spielflusses. Auf diese drei Punkte wird in den folgenden Sektionen näher eingegangen.

[Sme02b]

### 2.2 Verschiedene Arten des Hostings

Die Kommunikation zwischen Clients und Server kann in zwei verschiedenen Varianten vorkommen:

"Client-Host":



**Abbildung 2.1:** Das Client-Host Modell einfach veranschaulicht

Bei dieser Variante wird der Serverprozess auf dem selben Gerät ausgeführt, auf dem auch eine Client-Instanz gestartet wurde. Ein Spieler übernimmt also selbst das Hosting. Andere Clients haben die Information, welcher Client einen Serverprozess "besitzt" und wie sie sich dorthin verbinden können.

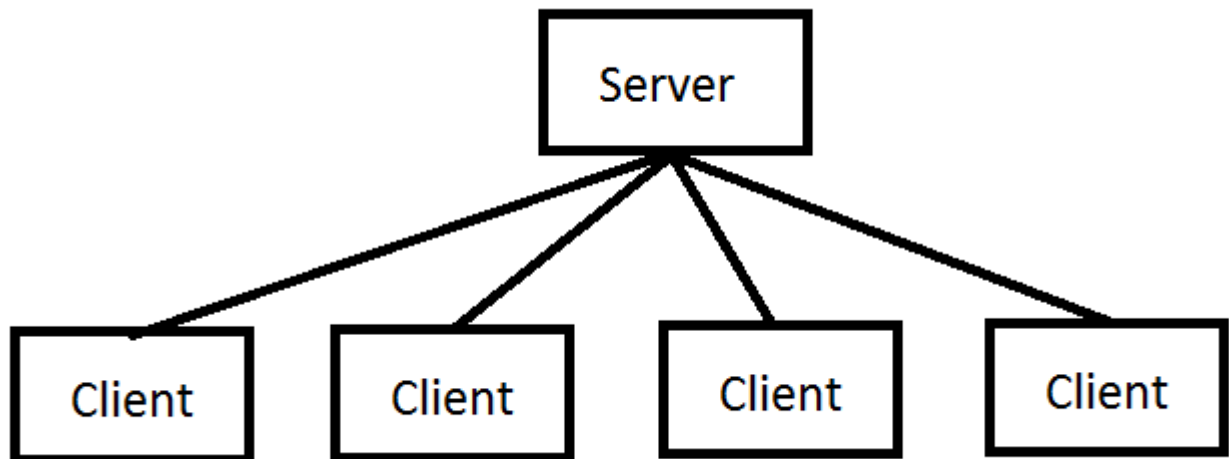
Vorteile: Die Unabhängigkeit von Hardwareressourcen für Entwickler, dieses "Problem" wird schlichtweg an die Spieler ausgelagert.

Nachteile: Da der Serverprozess nun ebenfalls auf einem Gerät läuft, auf welches Spieler Zugriff haben gibt es ebenfalls mehr Möglichkeiten des Hackings (Spielmanipulation). Die Entwickler haben keinerlei Einfluss auf die Serverprozesse, welche ein Spieler startet. [Sme02a]

"Client-Server":

Diese Variante trennt Client und Server physikalisch von einander. Serverprozesse werden außerhalb einer Client-Umgebung gestartet und verwaltet. Clients haben einen (oder mehrere) zentrale Zielsysteme, zu welchen sie sich verbinden können.

Vorteile:



**Abbildung 2.2:** Das Client-Server Modell einfach veranschaulicht

Mehr "Kontrolle" auf Seiten der Entwickler. Hacking ist deutlich erschwert. Die Software-Architektur kann verhindern, dass spielentscheidende Daten nicht in der Hand der Spieler liegen, und somit ein sicheres und faires Spiel gewährleistet werden kann. [Sme02a]

Nachteile:

Die Kosten für Hardware und Bandbreite skalieren mit den Spielerzahlen. Diese Tatsache kann sehr schnell hohe Kosten verursachen. [Den18]

Ein Ausfall des zentralen Servers kann dazu führen, dass ein Großteil der Spielerfahrung nicht mehr spielbar ist.

## 2.3 Datenspeicherung und Transfer

Um ein bestmögliches Spielerlebnis zu ermöglichen, sollte innerhalb der Entwicklung von Online Multiplayerspielen darauf geachtet werden, dass spielentscheidende Daten schnellstmöglich zwischen den Clients synchronisiert werden. Wie auch bei anderen Echtzeitsystemen [?] kommt es also auch bei der Entwicklung von dieser Art von Software darauf an, Daten zu serialisieren [?].

Daten unterscheiden sich im Kontext der Online Spielentwicklung grundsätzlich nicht großartig von anderer Software. Typischerweise werden Programmiersprachen wie C# oder C++ genutzt, um Klassen und Datenstrukturen zu erstellen, welche die eigene Spiellogik abbilden. [?]

Das folgende rudimentäre Klassendiagramm zeigt zwei simple Klassen. Eine Spielerklasse, welche Informationen über den Spieler enthält sowie eine Network Manager Klasse, welche alle Spieler verwaltet.

Das Beispiel hat nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, soll jedoch illustrieren, auf welche Art und Weise Daten typischerweise innerhalb eines Multiplayer-Kontextes verwaltet werden.

Der Entwickler entscheidet hierbei selbst, welche Informationen in welchem Kontext vorhanden ist. Konkret muss sich ein Entwickler stets die Frage stellen, ob eine Information im Server-Kontext oder im Client-Kontext verwaltet bzw. verarbeitet werden soll.

Serialisierte Daten werden über ein Netzwerk transportiert. Je Nach Art des Hostings erfolgt ein Umweg über eine Server-Instanz, oder direkt zu einem anderen Client. [Sme02b]

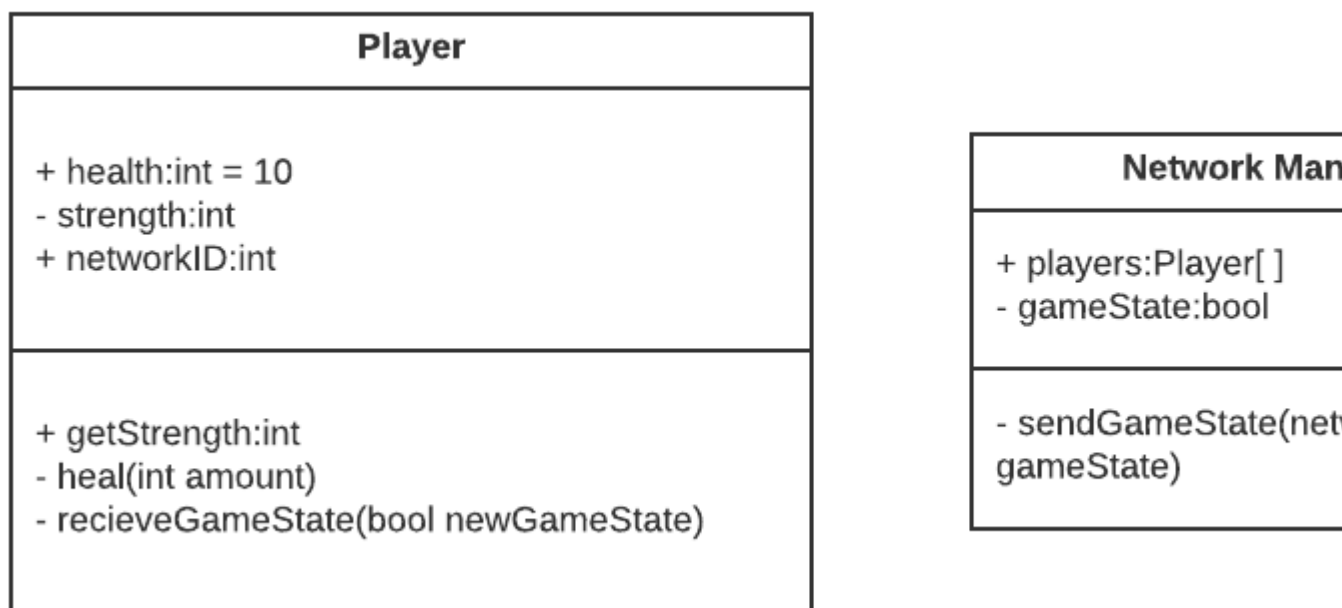


Abbildung 2.3: UML Klasse Player und Network Manager



## 2.4 Kontrolle des Spielflusses

-> Interest Management

## 2.5 Matchmaking

// WEITERE IDEEN: Consistency and Responsiveness



## 3 Konzepte

Varianten des Hostings / Abbildung der Serverstruktur. Gegenüberstellung Clienthosting / Dedicated Server (Remote Hosting)

Welche technischen Ressourcen werden für ein Multiplayer-Spiel benötigt?

Networking resources

"Distributed simulations face three resource limitations: network bandwidth, network latency, and host processing power for handling the network traffic (Singhal, 1996). These resources refer to the technical attributes of the underlying network and they impose physical restrictions, which the system cannot overcome and which must be considered in the design". [Sme02a] [Dennis, in diesem Zitat gibt es eine weitere Referenz (Singhal, 1996), wie gehe ich damit um?]

Welche Architektur ist für eine Spieleidee der beste Ansatz?

Distribution concepts

"There is not much we can do about the aforementioned resource limitations. Therefore, the problems of distributed interactive systems should be tackled on a higher level, which means choosing architectures for communication, data, and control. Still, sometimes the architecture alone cannot rid the system of resource limitations, and compensatory techniques are needed to relax the requirements." [Sme02a]

Matchmaking: Abstraktion durch weitere Software-Schicht, externe Schnittstelle. Eigene Matchmaking / Server Runner API umsetzen.

Client-Modul: Kommunikation mit Matchmaking API, Beitritt in Spiel anhand von zugewiesener Server-Instanz.

Server-Modul: Verwaltung der Clients, Verwaltung von Szenen (Offline-Szene, 1-n Online Szenen)

Offline Szene: Modul zur Verwaltung im Offline Modus

Server Modul: Vorbereitung der Spielszene in eigener Logik, "custom-server-ready-state"

Online Szenen: Modul zur Verwaltung der Spieler in vorgeschalteten "LobbySSpielszenen sowie im laufenden Spiel und dazwischen.

(optional): Verwaltung von Accountinformationen, In-Game-Einkäufen und Freundeslisten

## 4 Realisierung



## 5 Zusammenfassung

### 5.1 Fazit

### 5.2 Auswertung

### 5.3 Weitere Ansätze

### 5.4 Nächste Schritte

### 5.5 Ausblick





# Literaturverzeichnis

- [Den18] DENG, Yunhua; LI, Yusen; SEET, Ronald; TANG, Xueyan und CAI, Wentong: The Server Allocation Problem for Session-Based Multiplayer Cloud Gaming. *IEEE Transactions on Multimedia* (2018), Bd. 20(5): S. 1233–1245
- [gam20] GAME - VERBAND DER DEUTSCHEN GAMES-BRANCHE E.V.: Jahresreport der deutschen Games-Branche 2020 (2020), URL <https://www.game.de/wp-content/uploads/2020/08/game-Jahresreport-2020.pdf>
- [Git21] GITHYP: Most played games on Steam in 2020, by hourly average number of players (February 2021), URL <https://www.statista.com/statistics/656319/steam-most-played-games-average-player-per-hour/>
- [MFa21] MFATIHMAR: Game Networking Resources (2021)
- [Pay19] PAYNE, John: Making Multiplayer Games Doesn't Have to Be Difficult. *Crayta* (18.09.2019), URL <https://medium.com/crayta/making-multiplayer-games-doesnt-have-to-be-difficult-d08d19c83de>
- [Sim20] SIMON-KUCHER & PARTNERS: Impact of COVID-19 on the frequency of playing multiplayer video games worldwide as of June 2020 (2020), URL <https://www.statista.com/statistics/1188549/covid-gaming-multiplayer/>
- [Sme02a] SMED, Jouni; KAUKORANTA, Timo und HAKONEN, Harri: Aspects of networking in multiplayer computer games. *The Electronic Library* (2002), Bd. 20(2): S. 87–97, URL <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/02640470210424392/full/pdf>
- [Sme02b] SMED, Jouni; KAUKORANTA, Timo und HAKONEN, Harri: *A review on networking and multiplayer computer games*, Citeseer (2002), URL <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.16.2565&rep=rep1&type=pdf>
- [Wik] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS: Matchmaking (video games) — Wikipedia, The Free Encyclopedia, URL [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Matchmaking\\_\(video\\_games\)&oldid=1056891415](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Matchmaking_(video_games)&oldid=1056891415)



# Abbildungsverzeichnis

2.1	Client-Server Modell . . . . .	6
2.2	Client-Server Modell . . . . .	7
2.3	UML Klassen . . . . .	8



## Tabellenverzeichnis



## Listings

.





## A Anhang 1



## B Anhang 2